

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA
COLECTIVIDAD**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
MAESTRÍA EN REDES DE INFORMACIÓN Y CONECTIVIDAD**

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LOS SERVICIOS WMS DE
MAPSERVER Y GEOSERVER PARA LA IMPLEMENTACIÓN IDE
Tesis de grado**

Autor: Alex Wladimir Naranjo Martínez

Sangolquí, 2013

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

MAESTRÍA EN REDES DE INFORMACIÓN Y CONECTIVIDAD

El suscrito Ing. Paúl Díaz Zuñiga Msc en calidad de director de tesis de la Maestría en Redes de Información y Conectividad,

CERTIFICO:

Que el presente proyecto de grado que lleva como título, “EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LOS SERVICIOS WMS DE MAPSERVER Y GEOSERVER PARA LA IMPLEMENTACIÓN IDE”, realizado por el Ing. Alex Wladimir Naranjo Martínez, de nacionalidad ecuatoriana, con cédula de identidad No.1712130002, como requisito para la obtención del título de Magíster en Redes de Información y conectividad, fue desarrollada bajo mi dirección y asesoría. La misma que cumple con los requerimientos científicos, tecnológicos y académicos, razón por la cual autorizo su presentación y defensa.

Sangolquí, 31 de enero de 2013

Ing. Paúl Díaz Zuñiga Msc.

DIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

MAESTRÍA EN REDES DE INFORMACIÓN Y CONECTIVIDAD

ALEX WLADIMIR NARANJO MARTÍNEZ

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LOS SERVICIOS WMS DE MAPSERVER Y GEOSERVER PARA LA IMPLEMENTACIÓN IDE”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 31 de enero de 2013

Alex Wladimir Naranjo Martínez

AUTORIZACIÓN

Yo, Alex Wladimir Naranjo Martínez, con la cédula de ciudadanía No. 1712130002, autorizo la publicación de mi tesis de grado, con título **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LOS SERVICIOS WMS DE MAPSERVER Y GEOSERVER PARA LA IMPLEMENTACIÓN IDE”**, en el Repositorio Institucional de la ESPE.

Quito, Enero del 2013

Ing. Alex Wladimir Naranjo Martínez

AGRADECIMIENTO

A Dios y mi Madre Dolorosa por haberme acompañado durante toda mi formación, dándome ahora esta oportunidad de crecimiento profesional acompañada de voluntad, paciencia y sacrificio para asumir la responsabilidad de lograr el objetivo planteado.

Al Ministerio de Industrias y Productividad por permitirme realizar esta investigación en sus instalaciones, proporcionándome la información y recursos necesarios para el desarrollo de esta tesis.

Al Ingeniero Paúl Díaz que guió el desarrollo de este proyecto y el Doctor Walter Fuertes que compartió sus conocimientos que permitieron obtener un documento de mejor calidad.

A los amigos, compañeros, profesores, familiares y personas que me acompañaron en esta travesía académica, motivándome a tomar el reto, siendo un fuerte apoyo durante este proceso y sin duda por tener las palabras y acciones precisas para empujarme hacia obtención de este logro, sea donde estén mi agradecimiento más profundo, en especial a quien escuchó y entendió la tensión que apareció durante este último periodo y no se alejó.

DEDICATORIA

“Sé el cambio que quieres ver en el mundo” (Gandhi), esta tesis la dedico a mis padres que con su ejemplo me han guiado para enfrentar adversidades y no abandonar los sueños, por su apoyo incondicional que ha permitido que cumpla con mis objetivos.

A la familia que los intereses políticos y las adversidades no pudieron separar, el FODETEL, que durante su existencia proporcionó alegría con sus proyectos y que a cambio no pudo tener mejor recompensa que las sonrisas de los niños y profesores beneficiados, una familia donde primaron siempre los valores de amistad, pureza, solidaridad, justicia, equidad y libertad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR	II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	3
CAPITULO 1.....	5
REQUERIMIENTOS Y ANÁLISIS DEL PROYECTO	5
1.1 INTRODUCCIÓN.....	5
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	9
1.4 OBJETIVOS.....	10
1.4.1 Objetivo General	10
1.4.2 Objetivos Específicos	10
1.5 ALCANCE.....	10
1.6 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.....	11
1.6.1 Requerimiento Funcional 1: Visualización en mapas de inversiones del Ministerio	12
1.6.1.1 Introducción.....	12
1.6.1.2 Entradas.....	12
1.6.1.3 Proceso.....	12
1.6.1.4 Salidas.....	12
1.6.2 Requerimiento Funcional 2: Navegación en el mapa	12
1.6.2.1 Introducción.....	12
1.6.2.2 Entradas.....	12
1.6.2.3 Proceso.....	13
1.6.2.4 Salidas.....	13
1.6.3 Requerimiento Funcional 3: Localización geográfica de las inversiones por proyecto	13
1.6.3.1 Introducción.....	13

1.6.3.2 Entradas.....	13
1.6.3.3 Proceso.....	13
1.6.3.4 Salidas.....	13
1.6.4 Requerimiento Funcional 4: Importar datos de WMS institucionales	14
1.6.4.1 Introducción.....	14
1.6.4.2 Entradas.....	14
1.6.4.3 Proceso.....	14
1.6.4.4 Salidas.....	14
CAPITULO 2.....	15
INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES (IDE)	15
2.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (SIG).....	15
2.1.1 Modelo de datos Vectorial.....	15
2.1.2 Modelo de datos Raster	15
2.2 INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES (IDE)..	16
2.2.1 Componentes principales de IDE:	16
2.3 SERVICIO WEB MAP SERVICE (WMS).....	17
2.4 ARQUITECTURA WMS.....	17
2.5 OPERACIONES WMS.....	18
2.5.1 GetCapabilities	19
2.5.2 GetMap.....	19
2.5.3 GetFeatureInfo	21
2.6 RECURSOS.....	22
2.7 CONSTRUCCIÓN DE DATOS VECTORIALES.....	23
2.8 GESTOR DE BASE DE DATOS.....	24
2.8.1 PostgreSQL	25
2.8.2 PostGIS	27
2.8.2.1 SPATIAL_REF_SYS.....	28
2.8.2.2 GEOMETRY_COLUMNS.....	28
2.9 MODELO DE OBJETOS.....	29
2.9.1 Diagrama de Clases.....	29
2.9.2 Diccionario de Datos	30
CAPITULO 3.....	32
INSTALAR, CONFIGURAR Y DIMENSIONAR WMS CON MAPSERVER.....	32

3.1 MAPSERVER.....	32
3.2 ARQUITECTURA MAPSERVER.....	33
3.3 EL ARCHIVO MAPFILE.....	34
3.4 SERVICIO WMS CON MAPSERVER.....	36
3.4.1 Herramientas Utilizadas	36
3.4.1.1 MS4W.....	36
3.4.1.2 PostgreSQL – PostGIS.....	37
3.4.1.3 Archivo MAP	39
3.4.2 Configuración de Equipos	40
3.4.3 Arquitectura WMS MapServer	41
3.4.4 Resultados	41
CAPITULO 4.....	43
INSTALAR, CONFIGURAR Y DIMENSIONAR WMS CON GEOSERVER	43
4.1 GEOSERVER.....	43
4.2 ARQUITECTURA MAPSERVER.....	44
4.3 SERVICIO WMS CON GEOSERVER.....	45
4.3.1 Herramientas Utilizadas	45
4.3.1.1 Java.....	45
4.3.1.2 Apache Tomcat.....	45
4.3.1.3 GeoServer.....	45
4.3.2 Configuración de Equipos	48
4.3.3 Arquitectura WMS GeoServer.....	50
4.3.4 Resultados	50
CAPITULO 5.....	52
COMPARACIÓN Y RESULTADOS	52
5.1 ESCENARIOS.....	52
5.2 USUARIOS CONCURRENTES.....	53
5.3 HERRAMIENTA DE MEDICIÓN.....	55
5.3.1 JMeter.....	55
5.3.2 Configuración de JMeter	57
5.4 RESULTADOS.....	59
5.5 VALIDACIÓN DE RESULTADOS.....	61
5.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	64

5.6.1 Escenario 1	64
5.6.2 Escenario 2	67
5.6.3 Comparación de escenarios 1 y 2	69
5.6.4 Escenario 3	71
5.6.5 Escenario 4	73
5.6.6 Comparación de escenarios 3 y 4	75
CAPITULO 6.....	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
6.1 CONCLUSIONES.....	78
6.2 RECOMENDACIONES.....	79
BIBLIOGRAFÍA	81
GLOSARIO DE TÉRMINOS	83
ANEXO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ESTADÍSTICAS GENERADAS POR GOOGLE ANALYTICS DURANTE LOS MESES ENERO – MAYO 2012	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Parámetros GetCapabilitiesRequest.....	19
Tabla 2.2. Parámetros GetMapRequest	20
Tabla 2.3. Parámetros GetFeatureInfoRequest.....	22
Tabla 2.4. Límites de PostgreSQL.....	27
Tabla 2.5. Columnas tabla spatial_ref_sys.....	28
Tabla 2.6. Columnas tabla geometry_columns.....	29
Tabla 2.7. Columnas de tabla provincias.....	30
Tabla 2.8 Columnas de tabla proyectos	31
Tabla 3.1. Parámetros Mapfile.....	35
Tabla 3.2. Configuración de aplicaciones.....	41
Tabla 3.3. Parámetros Request URL.....	42
Tabla 4.1. Configuración de aplicaciones.....	49
Tabla 4.2. Parámetros Request URL.....	50
Tabla 5.1. Visitas realizadas al portal web institucional.....	53
Tabla 5.2. Horas de visita al portal institucional.....	54
Tabla 5.3. Parámetros de prueba WMS con MapServer.....	58
Tabla 5.4. Parámetros de prueba WMS con GeoServer.....	59
Tabla 5.5. Tiempos de respuesta WMS MapServer.....	60
Tabla 5.6. Tiempos de respuesta WMS GeoServer.....	61
Tabla 5.7 Configuración de aplicaciones escenario 3.....	61
Tabla 5.8 Configuración de aplicaciones escenario 4.....	61
Tabla 5.9. Parámetros de prueba WMS con MapServer, escenario 3.....	62
Tabla 5.10. Parámetros de prueba WMS con GeoServer, escenario 4.....	62
Tabla 5.11. Tiempos de respuesta WMS MapServer, escenario 3.....	63
Tabla 5.12. Tiempos de respuesta WMS GeoServer, escenario 4.....	64
Tabla 5.13. Resumen del modelo escenario 1.....	64
Tabla 5.14. ANOVA variable Error en el escenario 1.....	65
Tabla 5.15. Coeficientes de variables en el escenario 1.....	65
Tabla 5.16. Correlaciones escenario 1.....	66
Tabla 5.17. Resumen del modelo escenario 2.....	67

Tabla 5.18. ANOVA variable Error en el escenario 2	67
Tabla 5.19. Coeficientes de variables en el escenario 2	68
Tabla 5.20. Correlaciones escenario 2	68
Tabla 5.21. Beta y Correlación de escenarios 1 y 2	69
Tabla 5.22. Resumen del modelo escenario 3	71
Tabla 5.23. ANOVA variable Error en el escenario 3	71
Tabla 5.24. Coeficientes de variables en el escenario 3	72
Tabla 5.25. Correlaciones escenario 3	72
Tabla 5.26 Resumen del modelo escenario 4	73
Tabla 5.27. ANOVA variable Error en el escenario 4	74
Tabla 5.28. Coeficientes de variables en el escenario 4	74
Tabla 5.29. Correlaciones escenario 4	74
Tabla 5.30. Beta y Correlación de escenarios 3 y 4	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Arquitectura 3 capas WMS	18
Figura 2.2. Imagen resultado de la operación getMap	21
Figura 2.3. Medio de levantamiento de información geográfica Google Earth	23
Figura 2.4. Visualización de shapefiles en ArcGIS	24
Figura 2.5. Sistemas de gestión de bases de datos espaciales.....	25
Figura 2.6. Componentes del sistema PostgreSQL	26
Figura 2.7. Diseño de Base de Datos	30
Figura 3.1 Anatomía de MapServer	33
Figura 3.2. Directorio de Instalación MS4W	37
Figura 3.3. MS4W MapServer 4 Windows.....	38
Figura 3.4. Base de datos PostgreSQL	38
Figura 3.5. Arquitectura IDE MapServer	40
Figura 3.6. Mapa de proyectos del Ministerio de Industrias con WMS MapServer	42
Figura 4.1. Arquitectura GeoServer	44
Figura 4.2 Apache Tomcat.....	46
Figura 4.3. GeoServer disponible como aplicación Web de Tomcat.....	46
Figura 4.4. Página de bienvenida de GeoServer.....	47
Figura 4.5. Capas disponibles en GeoServer	47
Figura 4.6. Configuración de publicación de capas.....	48
Figura 4.7 Arquitectura IDE GeoServer	49
Figura 4.8. Mapa de proyectos del Ministerio de Industrias con WMS GeoServer	51
Figura 5.1. Instalación de JMeter.....	56
Figura 5.2. Escenarios de pruebas	56
Figura 5.3. Usuarios concurrentes	57
Figura 5.4. Peticiones Http.....	58
Figura 5.5. Receptor JMeter gráfico.....	60
Figura 5.6. Gráfico de resultados escenario 1	66
Figura 5.7. Gráfico de resultados escenario 2	69
Figura 5.8. Media y desviación estándar escenarios 1 y 2.....	70
Figura 5.9. Errores producidos en escenarios 1 y 2	70

Figura 5.10. Gráfico de resultados escenario 3.....	73
Figura 5.11. Gráfico de resultados escenario 4.....	75
Figura 5.12. Media y desviación estándar escenarios 3 y 4.....	76
Figura 5.13. Errores producidos en escenarios 3 y 4.....	77

RESUMEN

La presente tesis realiza una evaluación del rendimiento del servicio Web Map Service de las soluciones de código abierto MapServer y GeoServer para la implementación de infraestructura de datos espaciales con el fin de recomendar la solución ideal para el Ministerio de Industrias y Productividad.

El rol estratégico que está tomando a nivel mundial la generación de infraestructura de datos espaciales, como herramienta para la planificación, ejecución, control y toma de decisiones, ha generado que la OGC establezca el estándar WMS para garantizar la interoperabilidad de los sistemas distribuidos con contenidos geográficos, en tal virtud, una vez que en el Ecuador se crea el CONAGE y se establece como política pública el uso de software libre, se desarrolla la Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales que permita interactuar con la información que generen las diferentes carteras del Estado a través de las infraestructuras de datos espaciales institucionales.

Esta investigación inicia con la identificación de los requerimientos funcionales y no funcionales del Ministerio de Industrias para implementación de IDE a través de talleres de trabajo con representantes de las unidades operativas. Posteriormente se diseña y construye una base de datos geográfica de los proyectos de inversión realizados durante el periodo 1 de enero de 2010 al 31 de marzo de 2012.

Una vez construida la base de datos geográfica se instala, configura y dimensiona los servicios WMS de MapServer y GeoServer en dos computadores que ejecutan la función de servidores donde se definen 4 escenarios de investigación:

- Escenario 1: Computador 1 como servidor de mapas con el servicio WMS de MapServer.

- Escenario 2: Computador 1 como servidor de mapas con el servicio WMS de GeoServer.
- Escenario 3: Computador 2 como servidor de mapas con el servicio WMS de MapServer.
- Escenario 4: Computador 2 como servidor de mapas con el servicio WMS de GeoServer.

Las pruebas se realizan para cada escenario en función de visualizar su comportamiento con la simulación de 20, 50, 100, 150, 200, 300, 350 y 367 usuarios concurrentes y se recopilan los datos en matrices de resultados con las variables: Software WMS utilizado, Usuarios concurrentes, Computador utilizado, Tiempo de respuesta ante las peticiones recibidas (media y desviación estándar), Tamaño en Bytes de archivo esperado, Número errores y Porcentaje de errores.

A través de gráficas y tablas comparativas se analiza los resultados obtenidos entre los escenarios 1 y 2, para ser validados mediante la comparación de los escenarios 3 y 4. Estos datos estadísticos y de simulación permiten generar las conclusiones y recomendaciones para el uso de los servicios WMS de MapServer o GeoServer.

ABSTRACT

This thesis assesses the Web Map Service performance of MapServer and GeoServer open source solutions, for implementing spatial data infrastructure in order to recommend the ideal solution to the Industry and Productivity Ministry.

The strategic role that is taken the generation spatial data infrastructure worldwide, as a tool for planning, execution, control and decision making, generated that OGC establish the WMS standard, to ensure interoperability of distributed systems with geographical contents, in virtue, in Ecuador is created CONAGE, then establishes as public policy the free software use, and develops Ecuadorian Geospatial Data Infrastructure that allows to interact with the information generated from the various portfolios of state, through their institutional Spatial Data Infrastructures.

This research begins with the identification of functional and non-functional requirements of Industry Ministry for IDE implementation, through workshops with representatives of the operative units. Then it designs and builds a geographic database of investment projects accomplished during January 1, 2010 through March 31, 2012.

Once constructed the geographic database, the MapServer and GeoServer WMS services are installed, configured and dimensioned in two computers running the function servers where are defined the four research scenarios:

- Scenario 1: Computer 1 as map server with MapServer WMS service.
- Scenario 2: Computer 1 as the map server with GeoServer WMS service.
- Scenario 3: Computer 2 as map server with MapServer WMS service.
- Scenario 4: Computer 2 as maps server with GeoServer WMS service

The tests are performed for each scenario, according to visualize their behavior with the simulation of 20, 50, 100, 150, 200, 300, 350 and 367 concurrent users and the data are collected in arrays with variable results: WMS software used, concurrent users, computer used, time response to the requests received (mean and standard deviation), File size in bytes expected, number of errors and error rate.

Through comparative graphs and tables are analyzed the results between scenarios 1 and 2, to be validated by comparing results of scenarios 3 and 4. These statistics data and simulation allow generating conclusions and recommendations for the use of MapServer or GeoServer WMS services.

CAPITULO 1

REQUERIMIENTOS Y ANÁLISIS DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial de Internet durante los últimos años ha generado el desarrollo de nuevas aplicaciones y tecnologías, enfocados, en el sector privado para posicionamiento de mercado y en el sector público para la concentración de servicios; la necesidad de unir esfuerzos que optimicen los trabajos desarrollados para solventar un problema, hizo que apareciera el concepto de infraestructura de información, denominados así a los sistemas de información distribuidos geográficamente que no son propiedad de, ni están controlados por una sola empresa, organización o gobierno. (Béjar, 2011)

Por otra parte, los sistemas de información geográfico (SIG) se han masificado como instrumentos para la planificación y gestión (Pueyo, 1991); fortaleciendo los procedimientos definidos para el diseño, financiamiento, ejecución, monitoreo, control y evaluación de planes, programas y proyectos gestionados por una institución, al ser una herramienta visual que apoya la toma de decisiones.

Con el avance de la infraestructura de información y el desarrollo de SIG se incrementó la demanda de servicios geográficos web (Padilla & Dueñas, 2010), hace dos décadas, compartir datos espaciales entre servidores de mapas generaba incompatibilidad de formatos que no podían ser interpretados por los diferentes programas geográficos, en tal virtud, en 1994 la Open Geospatial Consortium (OGC) agrupa a organizaciones públicas y privadas para empezar a definir estándares abiertos dentro de los sistemas de información geográfica y la web que permitan la interoperabilidad entre plataformas SIG y el intercambio de información geográfica. (Stopper & Enescu, 2012)

En año 2004, en Ecuador se crea el Consejo Nacional de Goeinformática (CONAGE) cuyo objetivo es impulsar la creación, mantenimiento y administración de la Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales (IEDG) (Presidencia del Ecuador, 2004), impulsando a nivel nacional el desarrollo de Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) para facilitar el acceso de la información geográfica, cartográfica y estadística de calidad, sin restricciones, optimizando tiempo y recursos.

El Ministerio de Industrias y Productividad tiene la misión de “Impulsar el desarrollo del sector productivo industrial y artesanal, a través de la formulación y ejecución de políticas públicas, planes, programas y proyectos especializados, que incentiven la inversión e innovación tecnológica para promover la producción de bienes y servicios con alto valor agregado y de calidad, en armonía con el medio ambiente, que genere empleo digno y permita su inserción en el mercado interno y externo”. (MIPRO, MIPRO - Info institucional), y la visión es “Ser la institución pública referente en la definición y ejecución de políticas industriales y artesanales, por la aplicación de un modelo exitoso de desarrollo productivo integral.” (MIPRO, MIPRO - Info institucional)

El Ministerio para el periodo 2011 – 2012 a través de sus cuatro Subsecretarías: Mipymes (micro, pequeñas y medianas empresas) y Artesanías, Comercio e Inversiones, Competencia y defensa del Consumidor, y, Industrias, Productividad e Innovación Tecnológica, ha priorizado el desarrollo de 13 proyectos de inversión:

- Proyecto para el desarrollo de la ecoeficiencia industrial
- Proyecto para el fomento de las MIPYMES ecuatorianas
- Proyecto para impulsar la innovación tecnológica en el sector productivo industrial del país
- Proyecto nacional de capacitación industrial especializada para fortalecimiento y desarrollo del talento humano
- Control y regulación del poder de mercado en el Ecuador
- Protección a los derechos de las consumidoras y consumidores en el Ecuador, fomentando las buenas prácticas comerciales

- Desarrollo de la gobernanza industrial territorial
- Desarrollo productivo de la industria del reencauche
- Renovación industrial
- Fortalecimiento del sistema nacional de la calidad
- Desarrollo, generación e implementación de programas de mejora competitiva (PMC)
- Proyecto de fortalecimiento de la cadena de valor de cárnicos
- Proyecto nacional para el desarrollo integral de cadenas agroindustriales

Estos proyectos están encaminados a mejorar la calidad de vida de la población, promover una producción de calidad, mitigar los impactos ambientales, fortalecer el proceso de transformación productiva y coadyuvar con otras Carteras del Estado a establecer un sistema económico, solidario y sostenible.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El CONAGE publicó en el año 2011 las políticas Nacionales de Información Geoespacial, donde establece que toda institución u organización propietaria y/o custodia de información geográfica debe contar con una IDE que garantice el acceso a los servicios de la información que le compete, enlazada a la IEDG, facilitando el acceso, búsqueda, visualización y descarga de la información. (CONAGE, 2010)

Mediante Decreto Ejecutivo No. 1014 emitido el 10 de Abril de 2008, se dispone el uso de Software Libre en los sistemas y equipamientos informáticos de la Administración Pública de Ecuador.

Con estos antecedentes se ha propuesto en las instituciones públicas soluciones en un entorno de desarrollo de código abierto (open source) para la implementación de IDE que administren información geográfica en una red pública utilizando el servicio Web Map Service (WMS) para de visualización de mapas en la WEB.

Sobre los estándares definidos por la OGC se han masificado diferentes plataformas de código abierto para la publicación de datos espaciales en la web, sin embargo existen dos proyectos destacados, por su posicionamiento, desarrollo, disponibilidad de información, rendimiento e interoperabilidad, que son MapServer y GeoServer utilizadas para la implementación IDE a nivel mundial.

Identificar el servidor de mapas a utilizar se convierte en un problema, ya que se debe considerar el crecimiento escalable de información generada, la utilización de recursos y documentación disponible. En este sentido el Ministerio de Industrias y Productividad, que genera información de inversiones de proyectos para empresas y gran industria, ha visto necesario realizar un análisis del rendimiento de MapServer y GeoServer para la implementación del servicio WMS, midiendo el tiempo de respuesta a las consultas geográficas temáticas y la cantidad de recursos utilizados para estas aplicaciones.

En el año 2010 para la obtención del título de ingeniería en la carrera de ingeniería geográfica y del medio ambiente, el ingeniero Sebastián Patricio Dueñas Oviedo presenta el proyecto de grado “Implementación del Servicio de Fenómenos en Web (Web Feature Service-WFS) bajo Normas ISO 19100 y OGC, como parte de la infraestructura de datos espaciales de la Escuela Politécnica del Ejército (IDEESPE)” utilizando en su arquitectura IDE a MapServer como servidor de mapas Web (Padilla & Dueñas, 2010). Por otro lado, las instituciones CONAGE, IGM y CEPEIGE dictan periódicamente desde el año 2010 capacitaciones al sector público sobre la “Infraestructura de Datos Espaciales y su Implementación de Software Libre” donde se infunde en los contenidos: instalación de software, generación y publicación de servicios web de mapas utilizando GeoServer.

Es aquí donde se ven variaciones en las soluciones implementadas por la ESPE e instituciones públicas, sin que exista una recomendación técnica para la implementación de IDE, no están claros los criterios que justifican seleccionar un servidor de mapas u otro, las ventajas y desventajas que nos proporcionan, y, cuál ha tenido mejor desempeño al trabajar con WMS. Si bien el software a utilizar

no es una Norma a establecer dentro de una IDE Nacional, es importante medir su potencial para identificar cuál es que mejor se adapta a las necesidades actuales y así tener fundamentos para recomendar su uso.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El Ministerio de Industrias y Productividad ha visto la necesidad de implementar una aplicación SIG en línea donde se visualicen las áreas de influencia a nivel nacional donde se han realizado inversiones que coadyuven el desarrollo de las MIPYMES.

El 4 de abril de 2011 a través de resolución No. IGM-e-2011-04, el Instituto Geográfico Militar resuelve liberar la cartografía digital versión 2.0 en formato SIG (*.shp), permitiendo la descarga gratuita de la información bajo la aceptación de licencia de “Acceso y Uso Libre de Información Geográfica”.

El 15 de Diciembre 2011, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) a través de la Dirección de Información Cartográfica Estadística presentó la primera versión de la Cartografía Digital Censal del Ecuador, disponible para todos los usuarios, y que permite definir dónde está ubicada la población y sus componentes socioeconómicos.

Sin duda estos instrumentos son insumos de gran utilidad y reflejan la importancia a nivel nacional de compartir información cartográfica que apoye la planificación, ordenamiento territorial y toma de decisiones. A la vez genera la necesidad de seleccionar un servidor de mapas que procese eficazmente los datos geográficos que no son generados por el Ministerio de Industrias.

Es así, que se recomendará el servidor de mapas a utilizar en base al resultados de las comparaciones realizadas durante esta investigación; a la vez se dotará a desarrolladores de código abierto SIG de parámetros técnicos donde el rendimiento de MapServer sea superior al de GeoServer y viceversa.

El CONAGE podrá acceder a esta investigación y emitir de acuerdo a su criterio las observaciones y las recomendaciones para el desarrollo de IDE en el sector público, así como, la empresa privada y la academia en función de sus requerimientos podrá acoger las conclusiones y recomendaciones obtenidas de esta investigación.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Evaluar las soluciones open source MapServer y GeoServer para la implementación de WMS en el Ministerio de Industrias y Productividad y recomendar la mejor solución por rendimiento.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales que tiene el Ministerio de Industrias para implementar el servicio WMS.
- Diseñar una base de datos geográfica de los proyectos e inversión realizada por el Ministerio de Industrias durante el periodo 2011 - 2012 dentro del territorio Nacional.
- Instalar, configurar y dimensionar WMS con open source MapServer y GeoServer.
- Realizar pruebas de rendimiento para GeoServer y MapServer en WMS utilizando información vectorial en formato shapefile
- Comparar y validar los resultados documentando la información obtenida en las pruebas de rendimiento para obtener las conclusiones y recomendaciones del estudio.

1.5 ALCANCE

Esta investigación se desarrolla con soluciones open source, sin incluir el sistema operativo, para la implementación del Servicio WMS. Se utiliza la versión CGI 6.0.2 de MapServer, incluido en el paquete MS4W disponible en el enlace: <http://maptools.org/ms4w/> y la versión 2.3.2 de GeoServer distribuida en

<http://geoserver.org/display/GEOS/Download>, no incluye una comparación del rendimiento del servicio WMS en Windows y Linux.

La base de datos geográfica es construida con la cartografía digital liberada por el IGM través de WMS y los shapefiles obtenidos por la recopilación de información de proyectos e inversiones en los años 2011 y 2012 del Ministerio de Industrias, no se considera datos en formato raster.

1.6 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Es la especificación más técnica y elaborada de los documentos de análisis, es fundamental codificar los requerimientos para poder seguirlos a lo largo del proceso de construcción de software. (Cueva, 1999)

Los requerimientos funcionales están compuestos por cuatro parámetros que tienen el fin de explicar de forma clara y sencilla cada una de las necesidades de los usuarios del sistema. Estas son:

- **Introducción:** Descripción breve de la labor que comprende este requerimiento.
- **Entradas:** datos iniciales del proceso.
- **Proceso:** pasos seguidos por el usuario y sistema para satisfacer el requerimiento.
- **Salidas:** Resultados obtenidos del proceso y mostrados al usuario cubriendo sus necesidades

La Coordinación General de Planificación desarrollo talleres de trabajo del 2 al 5 de abril de 2012 en las oficinas de la Dirección de Información, Evaluación y Seguimiento con la asistencia de autoridades y delegados de las subsecretarías, con el fin de identificar la información geográfica disponible y definir los requerimientos funcionales.

1.6.1 Requerimiento Funcional 1: Visualización en mapas de inversiones del Ministerio

1.6.1.1 Introducción

Disponer de una herramienta informática en línea que permita visualizar a nivel nacional las inversiones realizadas por el Ministerio de Industrias y Productividad durante el periodo 2011 – 2012

1.6.1.2 Entradas

- Inversiones del Ministerio en el periodo 2011 – 2012
- Coordenadas Geográficas
- Sistema de Coordenadas

1.6.1.3 Proceso

- Seleccionar el año en que se realizaron las inversiones
- Conexión a la base de datos para comprobar si existen objetos geográficos para el año seleccionado.
- Visualizar los objetos una vez georeferenciados en el mapa.

1.6.1.4 Salidas

- Mapa con objetos geográficos del año escogido.

1.6.2 Requerimiento Funcional 2: Navegación en el mapa

1.6.2.1 Introducción

Este requerimiento define herramientas para visualizar los mapas en diferentes escalas de la vista actual.

1.6.2.2 Entradas

- Objetos geográficos
- Área de visualización
- Escala

1.6.2.3 Proceso

- Definir área de visualización
- Definir escala
- Consultar objetos geográficos en el área de visualización
- Visualizar objetos geográficos para el área de visualización seleccionada

1.6.2.4 Salidas

- Mapa con objetos geográficos del año escogido.

1.6.3 Requerimiento Funcional 3: Localización geográfica de las inversiones por proyecto

1.6.3.1 Introducción

Visualizar los objetos geográficos que representen las inversiones de los proyectos del Ministerio de Industrias.

1.6.3.2 Entradas

- Programa
- Objetos geográficos

1.6.3.3 Proceso

- Seleccionar el Programa
- Conexión a la base de datos para comprobar si existen objetos geográficos del programa.
- Visualizar los objetos una vez georeferenciados en el mapa.

1.6.3.4 Salidas

- Mapa con objetos geográficos del programa escogido.

1.6.4 Requerimiento Funcional 4: Importar datos de WMS institucionales

1.6.4.1 Introducción

Importar los objetos geográficos y cartografía digital disponibles en los WMS del IGM.

1.6.4.2 Entradas

- Objetos geográficos de WMS del IGM
- Sistema de coordenadas

1.6.4.3 Proceso

- Conexión a WMS del IGM
- Importar datos geográficos
- Georeferenciar objetos en el mapa

1.6.4.4 Salidas

- Mapa con objetos geográficos importados del WMS de IGM

CAPITULO 2

INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES (IDE)

2.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (SIG)

“Conjunto de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelamiento, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión” (Pueyo, 1991). El SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos sobre una base de datos descriptiva de objetos del mundo real, que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra. SIG procede del acrónimo de Sistema de Información Geográfica (en inglés GIS, Geographic Information System). Existen dos estructuras básicas de representación espacial: modelo raster y modelo vectorial.

2.1.1 Modelo de datos Vectorial

La perspectiva geográfica se basa en la visión del espacio geográfico definido por objetos, los cuales pueden representarse cartográficamente a través de ser incorporados a una figura geométrica particular: punto, línea o área (polígono) (Béjar, 2011). Son aquellos que para la descripción de los objetos geográficos utilizan vectores definidos por pares de coordenadas relativas a algún sistema cartográfico. Un par de coordenadas y su altitud, es un punto, dos puntos generan una línea o curva, la agrupación de líneas forman polígonos. A estos objetos geográficos se adjuntan atributos que describen las características cualitativas.

2.1.2 Modelo de datos Raster

Basan su funcionamiento en dividir la zona de afección de la base de datos en una malla regular de pequeñas celdas (a las que se denomina píxeles) y atribuir un valor numérico a cada celda como representación de su valor temático. Dado

que la malla es regular (el tamaño del píxel es constante) y que conocemos la posición en coordenadas del centro de una de las celdas, se puede decir que todos los píxeles están georeferenciados.

2.2 INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES (IDE)

Conjunto de políticas, leyes, normas, estándares, organizaciones, planes, programas, proyectos, recursos humanos, tecnológicos y financieros integrados adecuadamente para facilitar la producción, el acceso y uso de la información geoespacial regional, nacional o local, para el apoyo al desarrollo social, económico y ambiental de los pueblos (CONAGE, 2010). Las IDE fundamentan la interoperabilidad, que es la condición mediante la cual sistemas heterogéneos pueden intercambiar procesos o datos.

2.2.1 Componentes principales de IDE:

1. Datos: Es la parte más importante de un IDE, es información básica que respalda la información geográfica. Un dato es un registro digital con diferentes opciones de atributos que lo caracterizan y describen haciéndolo único e inconfundible de otros datos espaciales.

2. Metadatos: Es la información documentada que describe los datos geográficos generados y constituye un archivo de información específica de estudios individuales, medio a través del cual se conocerá la calidad de los datos. (CONAGE, 2010)

3. Estándares y normas: Estándar es especificación dada por una autoridad competente, acerca de una materia, se construye por acuerdos. Mientras que, la Norma, es una especificación técnica expedida por un Órgano Normativo, pero no es considerada de carácter obligatorio. En Ecuador el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Los estándares y normas deben garantizar la interoperabilidad de IDE.

4. Servicios: Componentes que permiten la comunicación entre aplicaciones ubicadas en diversos puntos geográficos de manera interoperable, por medio de uso de estándares y protocolos abiertos de Internet, los cuales proveen al cliente, acceso a la funcionalidad del servicio sobre la web de manera íntegra y segura. (Correa & USFQ, 2010). Permiten el acceso a los datos, mediante los servidores se puede apreciar el servicio de búsqueda (Catálogo), Mapas (imágenes) WMS Web Map Service, Datos (fenómenos) Web Feature Service - WFS, Web Coverage Service - (WCS) (IGM, 2009).

2.3 SERVICIO WEB MAP SERVICE (WMS)

El servicio Web Map Service (WMS) desarrollado por el OGC (Open Geospatial Consortium) es un estándar que permite la visualización de datos espaciales sobre internet, que define un mapa como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital para la exhibición en la pantalla de ordenador. Los mapas producidos por WMS se generan normalmente en un formato de imagen como PNG, GIF o JPEG, y ocasionalmente como gráficos vectoriales en formato SVG (Scalable Vector Graphics) o WebCGM (Web Computer Graphics Metafile). (OGC, 2006)

Las operaciones WMS pueden ser invocadas usando un navegador de internet al realizar peticiones en la forma de URLs (Uniform Resource Locators), la URL indica qué información mostrar en el mapa, qué porción de la tierra debe dibujar, el sistema de coordenadas de referencia, la anchura y la altura de la imagen de salida. Cuando más de un mapa se produce con los mismos parámetros geográficos y tamaño de salida, los resultados se pueden solapar para producir un mapa compuesto. (OGC, 2006)

2.4 ARQUITECTURA WMS

WMS es una aplicación distribuida, se desarrolla en una arquitectura de tres niveles presentación – negocio – datos (ver Figura 2.1), optimizando los recursos del servidor:

1. Capa de presentación - Cliente: Es la interfaz con el usuario, es la capa que se visualiza por el usuario, comunica y captura la información, está compuesta por un computador y cualquier navegador de internet que soporte el estándar HTML.
2. Capa lógica de Negocio – Aplicación: Recibe las peticiones y se envían las respuestas luego de procesarlas, establece las reglas a cumplirse para la funcionalidad del sistema, esta capa recibe solicitudes y presenta resultados a la capa presentación, además de interactuar con la capa de datos.
3. Capa de datos – Almacenamiento: Localización de datos y acceso a los mismos, dispone de uno o más gestores de base de datos, reciben las solicitudes de información desde la capa de negocios.

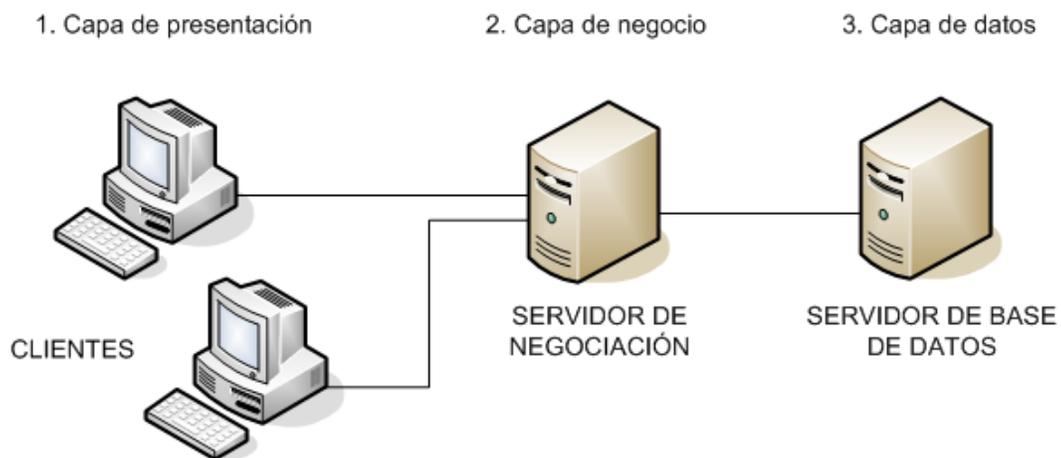


Figura 2.1. Arquitectura 3 capas WMS

Fuente: <http://intercambiosos.org/showthread.php?t=8202>

Elaborado por Comunidad Intercambiosos.org

2.5 OPERACIONES WMS

El estándar define tres operaciones:

- GetCapabilities, obtener y proporcionar información sobre qué tipos de mapas que un servidor puede ofrecer; corresponde a los metadatos del servicio.

- GetMap, permite obtener un mapa cuyos parámetros geográficos y dimensionales han sido bien definidos.
- GetFeatureInfo, para consultar información de características particulares sobre las entidades mostradas en el mapa (Furtado & Julião)

Un navegador web solicita un WMS a través de URLs que especifican la operación y los parámetros requeridos.

2.5.1 GetCapabilities

Esta operación es obligatoria en WMS y tiene el propósito de obtener el servicio de metadatos, a través de la solicitud al servidor de un documento en formato XML donde se detallan el nombre e información de los mapas disponibles en el servidor.

Los parámetros GetCapabilitiesRequest que un cliente WMS envía a través de URL se detallan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Parámetros GetCapabilitiesRequest

Parámetro Request	Descripción
SERVICE=wms	Tipo de servicio (Obligatorio)
VERSION=versión	Versión del Request (Opcional)
REQUEST=GetCapabilities	Nombre del Request (Obligatorio)
UPDATESEQUENCE=string	Número de secuencia o cadena para control de caché (Opcional)

2.5.2 GetMap

La operación GetMap retorna un mapa a la solicitud dada o devuelve una excepción del servicio.

Los parámetros obligatorios de GetMapRequest se describen en la Tabla 2.2

Tabla 2.2. Parámetros GetMapRequest

Parámetro Request	Descripción
SERVICE=wms	Tipo de servicio
VERSION=versión	Versión del Request
REQUEST=GetMap	Nombre del Request
LAYERS=lista_de_capas	Lista una o más capas de mapas separados por coma “,”
STYLES=lista_de_estilos	Lista los estilos de malla a utilizarse por capa, separado por coma “,”
SRS=nombre_del_sistema:identificador	Sistema de referencia de coordenadas
BBOX=minx,miny,maxx,maxy	Rango de coordenadas geográficas que se quiere visualizar
WIDTH=ancho_imagen	Ancho en pixeles de la imagen del mapa
HEIGHT=alto_imagen	Alto de la imagen en pixeles de la imagen del mapa
FORMAT=formato_imagen	Formato de la imagen del mapa

El siguiente URL define los parámetros para obtener la imagen georeferenciada mostrada en la Figura 2.2, utilizando WMS:

http://www2.dmsolutions.ca/cgi-bin/mswms_gmap?SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1&REQUEST=getmap&layers=prov_bound,popplace&STYLES=&SRS=EPSG:4326&BBOX=-173.537,35.8775,-11.9603,83.800920&WIDTH=1024&HEIGHT=768&FORMAT=image/png



Figura 2.2. Imagen resultado de la operación getMap
Elaborado por DM Solutions Group

2.5.3 GetFeatureInfo

GetFeatureInfo es una operación opcional, que es la solicitud de datos alfanuméricos asociados con un objeto que ocupa una localización geográfica (x,y). A través de esta operación se realiza la consulta de atributos de los objetos que aparecen en el mapa obtenido como resultado de una petición GetMap.

Para la construcción de GetFeatureInfoRequest se consideran los parámetros definidos en la Tabla 2.3:

Tabla 2.3. Parámetros GetFeatureInfoRequest

Parámetro Request	Descripción
SERVICE=wms	Tipo de servicio (obligatorio)
VERSION=versión	Versión del Request (obligatorio)
REQUEST= GetFeatureInfo	Nombre del Request (obligatorio)
QUERY_LAYERS=lista_de_capas	Lista una o más capas de mapas a las que se consulta, separados por coma “,” (obligatorio)
INFO_FORMAT=salida_formato	Formato en que se devuelve la información – tipo MIME (obligatorio)
FEATURE_COUNT=número	Número de objeto del que se consulta la información (opcional)

2.6 RECURSOS

Para el estudio planteado se ha considerado trabajar con la siguiente información y recursos:

- Cartografía de libre acceso del Instituto Geográfico Militar (IGM) bajo la licencia de uso de información geográfica en formato shapefile.
- Información de inversiones realizadas por el Ministerio de Industrias durante el periodo 2010 – 2012 georeferenciadas.
- 1 computador portátil, procesador intel 2,1 Ghz Core 2 duo, memoria RAM de 4Gb, sistema operativo Windows 7 Profesional.
- 1 computador portátil, procesador intel atom 1,6 Ghz, memoria RAM de 1Gb, sistema operativo Windows XP.
- Software WMS: MapServer, GeoServer
- Motor de base de datos: PostgreSQL / PostGIS
- Servidor de aplicaciones: Apache Tomcat
- Herramientas de localización geográfica: Google Earth, ArcGIS 8.3
- 1 persona para desarrollo

2.7 CONSTRUCCIÓN DE DATOS VECTORIALES

Se referenció geográficamente los convenios suscritos por el Ministerio de Industrias y Productividad con otras instituciones públicas y privadas donde se comprometieron recursos financieros para la construcción de infraestructura, entrega de equipamiento o capacitación de personal, que genera el fortalecimiento de las Mipymes y Gran Industria.

Para ello se procedió a levantar una base de datos con los convenios suscritos desde el 1 de enero de 2010 al 31 de marzo de 2012, definiendo el monto de inversión, el objeto del convenio, el programa al que pertenece. Y a su vez a través de las Subsecretarías de valor agregado y la Coordinaciones regionales del Ministerio se ubicó geográficamente estas inversiones utilizando la herramienta informática Google Earth (ver Figura 2.3), identificando en grados decimales las longitudes y latitudes en el sistema de coordenadas WGS 1984.

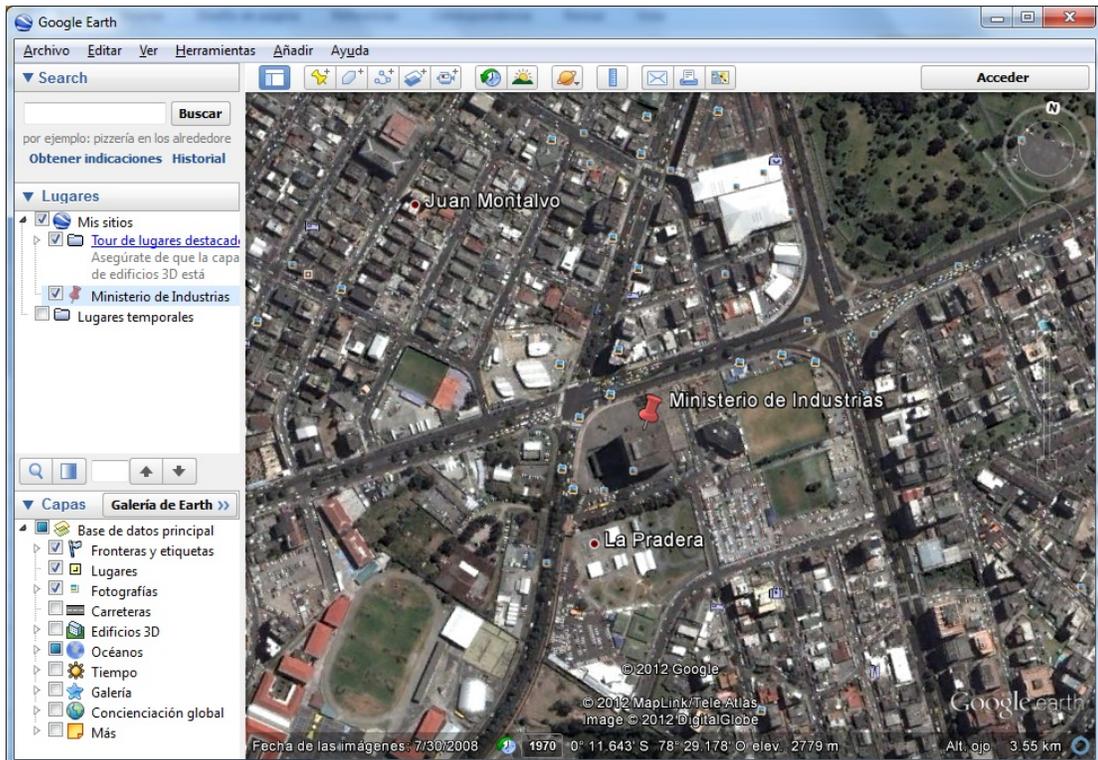


Figura 2.3. Medio de levantamiento de información geográfica Google Earth

Elaborado por el autor

Una vez obtenida la base de datos geográfica se procede a construir los archivos vectoriales en formato shapefile utilizando el programa de ArcGIS 8.3 (ver Figura 2.4) que construye tres archivos con el mismo nombre y extensiones diferentes:

- *.DBF: Contiene la tabla de atributos, es usado para asociar descriptiva a la geométrica.
- *.SHP: Posee los datos espaciales, la Geometría de los datos.
- *.SHX: En ella se encuentra el índice de los datos espaciales.

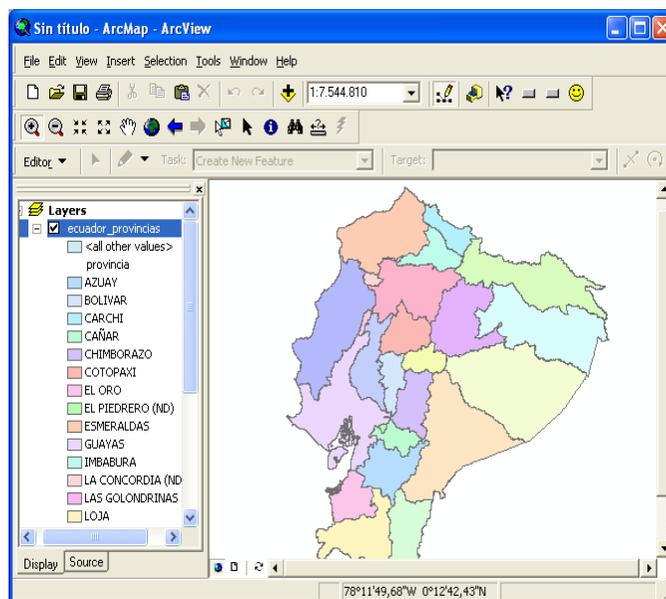


Figura 2.4. Visualización de shapefiles en ArcGIS

Elaborado por el autor

Los objetos geográficos del Ministerio corresponden al total de 186 distribuidos a nivel nacional y a los cuales se realizará la evaluación de rendimiento de los servicios WMS de MapServer y GeoServer.

2.8 GESTOR DE BASE DE DATOS

Ballatore y Tahir (2011) realizan la investigación - A comparison of open source geospatial technologies for web mapping, donde estudia los principales motores de bases de datos de código abierto MySQL, PostgreSQL, Firebird, Ingres y MaxDB, y compara el rendimiento de la utilización de extensiones espaciales

PostGIS y MySQL en servicios de mapas Web, obteniendo los resultados mostrados en la Figura 2.5

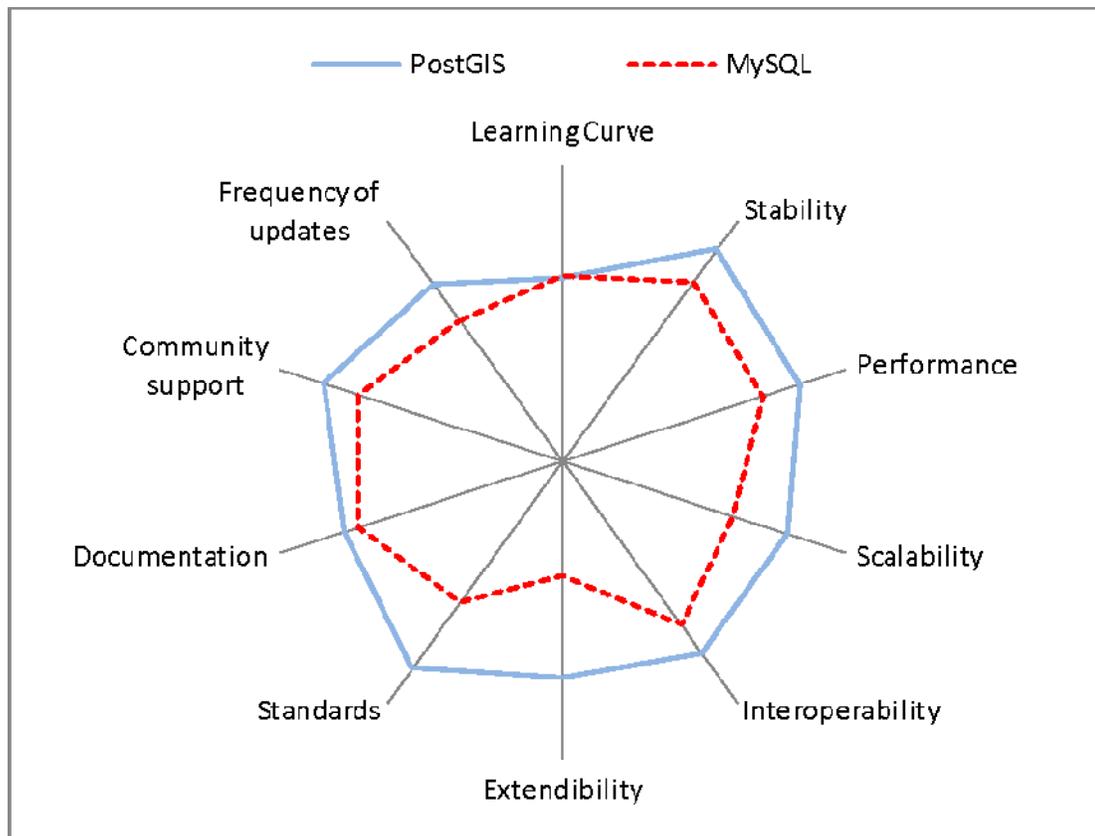


Figura 2.5. Sistemas de gestión de bases de datos espaciales

Fuente: A comparison of open source geospatial technologies for web mapping

Elaborado por Ballatore y tahir

Indicando que los desarrolladores de proyectos espaciales están más satisfechos con PostGIS que MySQL. En tal virtud considerando, el Decreto Ejecutivo No. 1014, se ha seleccionado como gestor de base de Datos para la implementación de la IDE institucional a PostGIS, la cual contendrá los datos alfanuméricos y geográficos a ser llamados por los servicios WMS de MapServer y GeoServer.

2.8.1 PostgreSQL

PostgreSQL es un sistema de código abierto para la gestión de bases de datos objeto-relacional, distribuido bajo licencia BSD (licencia para software distribuable tipo Berkeley). Esto le permite ser libremente usado, modificado y distribuido tanto

en forma de Open Source como con limitaciones, con su código fuente disponible libremente.

PostgreSQL utiliza un modelo cliente/servidor y usa multiprocesos que garantizan la estabilidad del sistema. La Figura 2.6 es distribuida por la comunidad de desarrolladores PostgreSQL para entender los componentes que integran este gestor de base de datos:

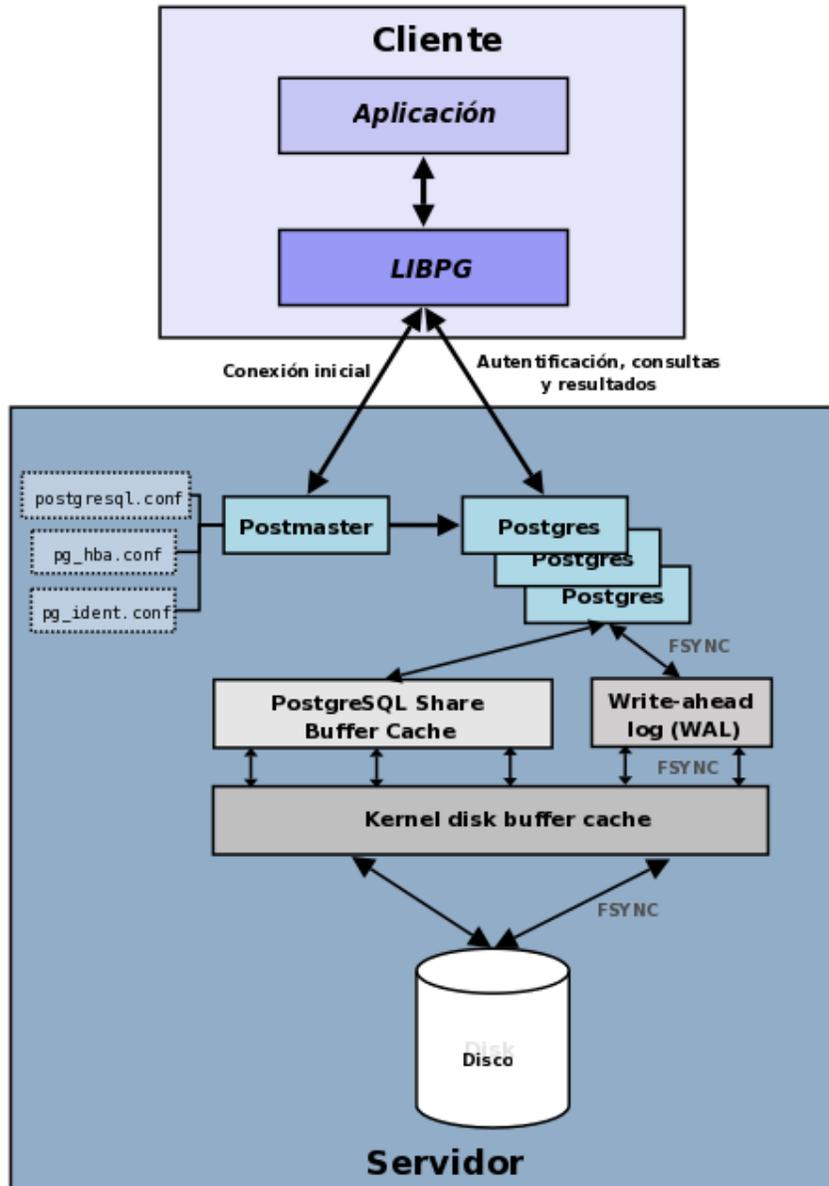


Figura 2.6. Componentes del sistema PostgreSQL

Fuente: http://www.postgresql.org.es/sobre_postgresql

Elaborada por Comunidad de desarrolladores PostgreSQL

- Aplicación cliente: Esta es la aplicación cliente que utiliza PostgreSQL como administrador de bases de datos. La conexión puede ocurrir vía TCP/IP ó sockets locales.
- Demonio postmaster: Es el encargado de escuchar por un puerto/socket por conexiones entrantes de clientes. Ficheros de configuración: postgresql.conf, pg_hba.conf y pg_ident.conf
- Procesos hijos PostgreSQL: Procesos hijos que se encargan de autenticar a los clientes, de gestionar las consultas y mandar los resultados a las aplicaciones clientes
- PostgreSQL share buffer cache: Memoria compartida usada por PostgreSQL para almacenar datos en caché.
- Write-Ahead Log (WAL): Componente del sistema encargado de asegurar la integridad de los datos (recuperación de tipo REDO)
- Kernel disk buffer cache: Caché de disco del sistema operativo
- Disco: Disco físico donde se almacenan los datos y toda la información necesaria para que PostgreSQL funcione

Las limitaciones de PostgreSQL se muestran en la Tabla 2.4

Tabla 2.4. Límites de PostgreSQL

Límite	Valor
Máximo tamaño de tabla	32 TB
Máximo tamaño de fila	1.6 TB
Máximo tamaño de campo	1 GB
Máximo número de columnas por tabla	250 - 1600 (dependiendo del tipo)

2.8.2 PostGIS

Es una extensión al sistema de base de datos objeto-relacional PostgreSQL, habilitándola espacialmente, convirtiendo a PostgreSQL como un motor de base de datos que permite el uso de objetos GIS.

Fue creado por la compañía Refrations ResearchInc, como un proyecto de investigación de código abierto de tecnologías de bases de datos espaciales. Está publicado bajo licencia GNU, licencia pública general.

OpenGIS define tipos de objetos GIS estándar, como especificación SQL, los cuales son administradas por funciones y dos tablas metadatos: `spatial_ref_sys` y `geometry_columns`.

2.8.2.1 SPATIAL_REF_SYS

Contiene un identificador numérico y una descripción textual del sistema de coordenadas espaciales de la base de datos. La Tabla 2.5 contiene la descripción de columnas de la tabla `spatial_ref_sys`.

Tabla 2.5. Columnas tabla `spatial_ref_sys`

CAMPO	TIPO	DESCRIPCIÓN
Srid	Integer	Valor entero que identifica el sistema de referencia espacial
auth_name	varchar(256)	Nombre del estándar para el sistema de referencia. EPSG
auth_srid	Integer	El identificador según el estándar auth_name. 32717 – Representa a WGS84 zona 17S en EPSG
srttext	varchar(2048)	Nombre que representa el sistema de referencia espacial
proj4text	varchar(2048)	Cadena con definición de las coordenadas de Proj4, librería que usa PostGIS para transformar coordenadas, para un SRID dado.

2.8.2.2 GEOMETRY_COLUMNS

Indica las tablas espaciales que existen en la base de datos. Distingue las tablas que contienen información geoespacial. Las columnas de esta tabla se detallan en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Columnas tabla geometry_columns

CAMPO	TIPO	DESCRIPCIÓN
f_table_catalog	varchar(256)	Ubicación en directorio de la tabla que contiene la geometría
f_table_schema	varchar(256)	Esquema de la tabla: público, privado
f_table_name	varchar(256)	Nombre de la tabla que contiene la geometría
f_geometry_column	varchar(2048)	Nombre del campo que contiene la geometría de la tabla
coord_dimension	Integer	Dimensión espacial de la columna (2D o 3D).
Srid	Integer	Es una clave foránea que referencia SPATIAL_REF_SYS.
Type	varchar(30)	Tipo de objeto espacial. POINT, LINESTRING, POLYGON, MULTYPOINT, GEOMETRYCOLLECTION, GEOMETRY

2.9 MODELO DE OBJETOS

2.9.1 Diagrama de Clases

El diagrama de clases muestra la interacción que existe entre los objetos del sistema.

La Figura 2.7 hace referencia del diagrama de base de datos a implementarse en la IDE institucional.

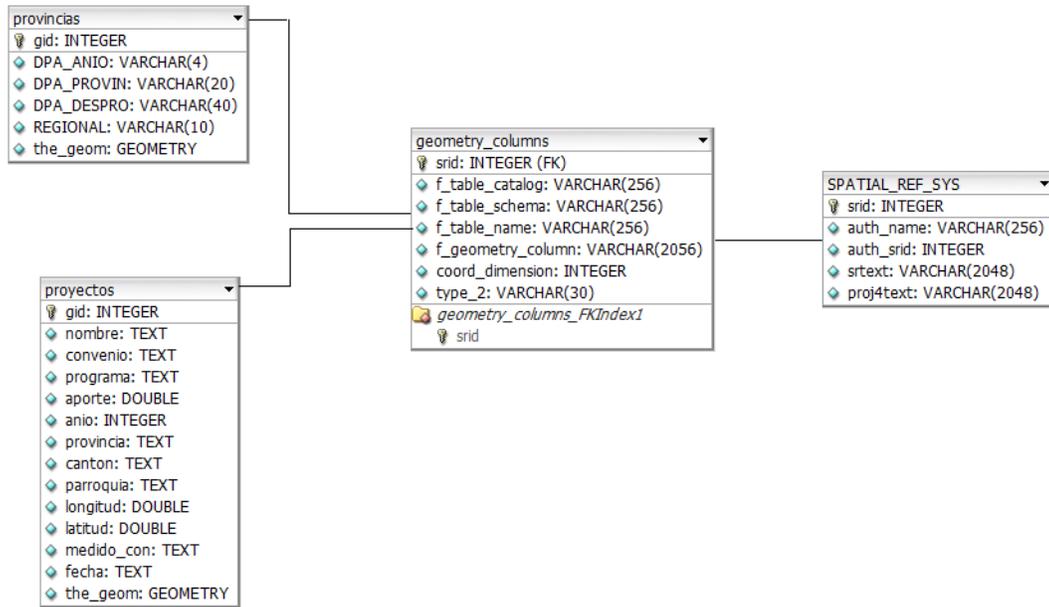


Figura 2.7. Diseño de Base de Datos

Elaborado por el autor

2.9.2 Diccionario de Datos

Contiene todas las tablas del sistema explicando cada uno de sus miembros, especificando el nombre del campo, el tipo y una descripción breve del mismo. Las tablas 2.7 y 2.8 describen las columnas de las tablas provincias y proyectos.

Tabla 2.7. Columnas de tabla provincias

CAMPO	TIPO DE CAMPO	DESCRIPCIÓN
Gid	Integer	Identificador único de provincia
DPA_ANIO	charactervarying(4)	Año de georeferenciación de provincia
DPA_PROVIN	charactervarying(20)	Código de la provincia
DPA_DESPRO	charactervarying(40)	Nombre de la provincia
REGIONAL	charactervarying(10)	Región Administrativa de SENPLADES a la que pertenece la provincia
the_geom	Geometry	Objeto geográfico que representan la provincia

Tabla 2.8 Columnas de tabla proyectos

CAMPO	TIPO DE CAMPO	DESCRIPCIÓN
gid	Integer	Identificador único de proyecto
nombre	Text	Nombre del proyecto
convenio	Text	Número de convenio registrado en el Ministerio
programa	Text	Nombre del programa de inversión al que pertenece el proyecto
aporte	Doublé	Monto de aporte del Ministerio para la ejecución del convenio
anio	Integer	Año de ejecución del proyecto
provincia	Text	Nombre de la provincia donde se desarrollo el proyecto
canton	Text	Nombre del cantón donde se desarrollo el proyecto
parroquia	Text	Nombre de la parroquia donde se desarrollo el proyecto
longitud	Doublé	Coordenada geográfica decimal de longitud del objeto
latitud	double	Coordenada geográfica decimal de latitud del objeto
medido_con	Text	Medio con el que se obtuvo la coordenada geográfica del objeto
fecha	Text	Fecha de medición del objeto geográfico.
the_geom	Geometry	Objeto geográfico que representan el proyecto

CAPITULO 3

INSTALAR, CONFIGURAR Y DIMENSIONAR WMS CON MAPSERVER

3.1 MAPSERVER

MapServer plataforma de código abierto que tiene como propósito desplegar mapas espaciales dinámicos sobre la web, originalmente desarrollado en 1990 por el proyecto ForNet de la Universidad de Minnesota, utiliza como lenguaje nativo C, Actualmente MapServer es un proyecto de OSGeo. Puede ser ampliado y personalizado a través de Mapscript y plantillas. (MapServer)

MapServer es un servidor de mapas que trabaja en un ambiente web como un script CGI (Common Gateway Interface), cada petición que recibe es nueva y elimina las pasadas y es accesible desde diversos lenguajes de programación. (Kropla, 2005)

Las principales características de MapServer son:

- Permite la creación de aplicaciones GIS en Internet o Intranet a través de la red mediante la tecnología Internet Map Server (IMS).
- Multiplataforma (Windows, Linux, Mac OS X).
- Opera con formatos vectoriales: ESRI shapefiles, PostGIS, ESRI ArcSDE, GML entre otros soportados por la librería Geospatial Data Abstraction Library (GDAL/OGR).
- Opera con formatos raster: JPG, PNG, GIF, TIFF, EPPL7 entre otros soportados por la librería Geospatial Data Abstraction Library (GDAL/OGR).
- Proyecciones on-the-fly (representar datos en una proyección diferente).
- Configuración dinámica a través de URL
- Imágenes de alta Calidad

- Especificaciones OGC: SFS (Simple Features for SQL) a través de PostGIS, WFS (solamente lectura), WMS (cliente / servidor) no transaccional, WCS, y GML.
- Soporta distintas proyecciones utilizando la librería Proj4

Cuando MapServer recibe la petición para un servicio Web, este utiliza la información descrita en el URL de petición y lo asocia con el archivo Mapfile .map hospedado en el servidor de mapas y genera la imagen del mapa requerido e imágenes de leyendas, barra de escala, título, entre otros.

3.2 ARQUITECTURA MAPSERVER

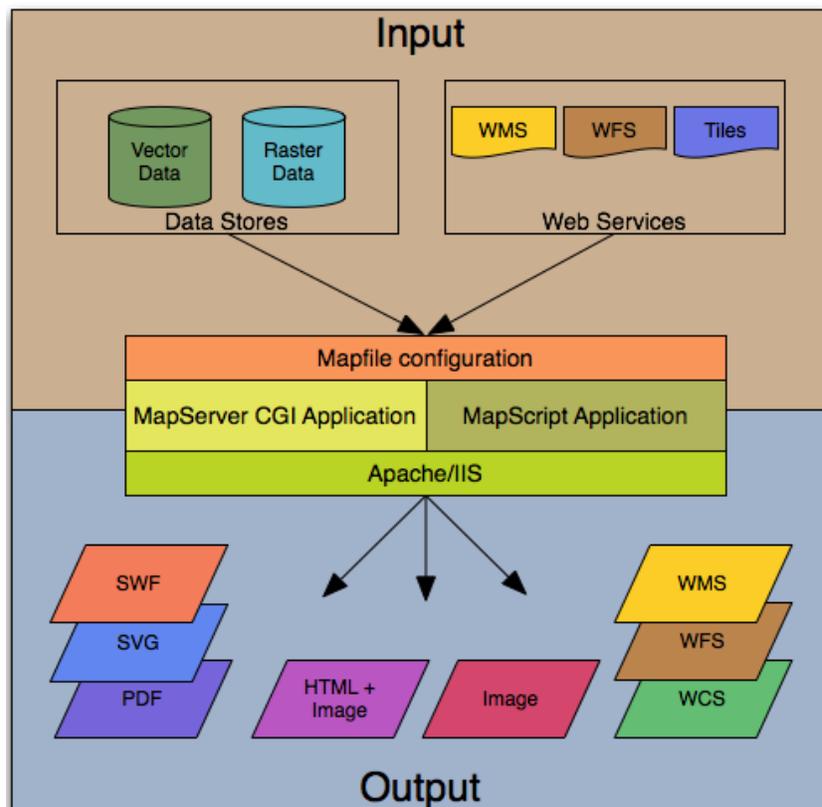


Figura 3.1 Anatomía de MapServer

Fuente: <http://mapserver.org/es/introduction.html>

Elaborado por comunidad MapServer

En la figura 3.1 se visualiza el funcionamiento de MapServer, y el proceso de construcción de imágenes y servicios.

Los componentes de esta arquitectura son:

- Almacenamiento de datos: Datos en formatos vectoriales, raster y bases de datos geográficas disponibles para ser invocados por el archivo Mapfile.
- Servicios Web: Conexión con servidores web distribuidos que proveen servicios WMS, WFS, SLD.
- Mapfile: Archivo de texto estructurado para la aplicación MapServer. Define el área del mapa, identificando dónde se encuentran los datos del mapa y las imágenes a generarse. También define las capas del mapa, incluyendo la fuente de sus datos, proyecciones, y simbología. El Mapfile debe tener una extensión .map.
- MapServer CGI: Es el archivo binario o ejecutable que recibe las peticiones y devuelve las imágenes y datos. Se encuentra en el cgi-bin o en el directorio de los scripts del Servidor Web. Por defecto este archivo se llama mapserv.
- MapScript Application: Soporte de lenguajes para scripts y desarrollo de ambientes (PHP, Python, Perl, Ruby, Java, .NET).
- Servidor Web: Interpreta la petición del navegador y devuelve una página HTML. Como servidor HTTP para MapServer se recomienda utilizar Apache o Microsoft Internet Information Server.
- Páginas HTML: Son la interface entre el usuario y MapServer. El Servidor de mapas es invocado para desplegar una imagen estática de un mapa en una página HTML. Para hacer interactivo al mapa, la imagen es desplegada como HTML.
- Generación de servicios Web: Servicios WMS, WFS disponibles para clientes Web.

3.3 EL ARCHIVO MAPFILE

El archivo .map, es el corazón de MapServer, es archivo de texto ASCII básico de configuración para el acceso a los datos y estilos, está compuesto por diferentes objetos con parámetros disponibles para localización y definición de cómo las imágenes serán dibujadas. Los principales parámetros que se definen en el archivo .map se detallan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Parámetros Mapfile

Parámetro	Descripción
EXTENT [minx][miny][maxx][maxy]	Es la extensión espacial de salida del mapa, en coordenadas geográficas, del mapa a crear.
FONTSET [nombre_archivo]	Especifica el nombre del archivo completo y el directorio del set de fuentes a usar.
IMAGECOLOR [r] [v] [a]	Es el color de fondo para inicializar el mapa, en combinación de RGB (rojo, verde, azul).
IMAGEQUALITY [int]	Define la calidad de compresión para salidas JPEG
IMAGETYPE	Define el formato de salida de la imagen del mapa (gif, png, jpeg, wbmp, gtiff, swf).
LAYER	Señala el comienzo de un objeto LAYER, que contiene la conexión de datos a dibujar
LEGEND	Señala el comienzo de un objeto LEGEND para la generación de leyendas
NAME [nombre]	Es el nombre del mapa a crear
PROJECTION	Define la proyección de los mapas que el servidor generará
QUERYMAP	Señala el comienzo de un objeto QUERYMAP para la búsqueda en un mapa.
RESOLUTION [int]	Establece los píxeles por pulgada para la salida de imágenes.
SCALE [double]	Escala de visualización del mapa
SCALEBAR	Señala el comienzo de un objeto SCALEBAR para dibujar la barra de escala
SHAPEPATH [ruta]	Ruta al directorio que contiene los datos geográficos (fenómenos).
SIZE [x][y]	Establece el tamaño en píxeles de la imagen de salida
STATUS [on off]	Establece si el mapa está activo o no

SYMBOLSET [nombre_archivo]	Nombre de archivo completo del set de símbolos a utilizar.
SYMBOL	Señala el comienzo de un objeto SYMBOL
TRANSPARENT [on off]	Color de fondo transparente
UNITS	Las unidades de las coordenadas del mapa. Usada para la barra de escala y cálculos de escala. (feet, inches, kilometers, meters, miles, dd)
WEB	Señala el comienzo de un objeto WEB, donde se define la manera en que operará la interface Web

3.4 SERVICIO WMS CON MAPSERVER

En MapServer se realiza la configuración del servicio WMS en el archivo MAP donde se precisa la información a compartir y los medios.

3.4.1 Herramientas Utilizadas

3.4.1.1 MS4W

Para la implementación del servicio se procedió a la instalación en el servidor de mapas del paquete MS4W (MapServer for Windows) versión 2.3.1, pre configurado con los siguientes componentes:

- Apache HTTP Server versión 2.2.10, servidor WEB
- PHP versión 5.2.6
- MapServer CGI 5.2.1
- MapScript 5.2.1 (CSharp, Java, PHP, Python)
- Utilidades GDAL/OGR
- Utilidades MapServer
- Utilidades PROJ
- Utilidades Shapelib
- OGR/PHP Extensión 1.0.0
- OWTChart 1.2.0

Se verifica la correcta instalación de MS4W verificando el directorio creado MS4W (ver Figura 3.2), e iniciando el servicio de Apache (ver Figura 3.3).

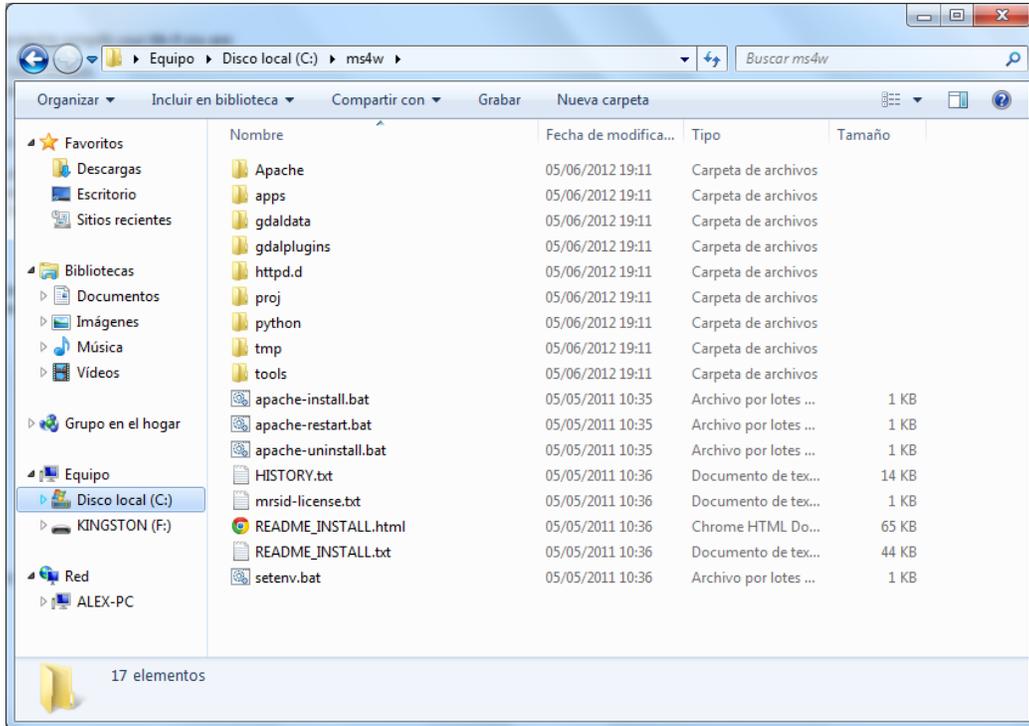


Figura 3.2. Directorio de Instalación MS4W

Elaborado por el autor

El servidor apache y MapServer operan sobre el puerto 80

3.4.1.2 PostgreSQL – PostGIS

El motor de base de datos seleccionado es PostgreSQL y la versión 9.0 y la versión 1,5 del complemento PostGIS, utilizando el puerto 5432.

Con los archivos shapefiles construidos con ARCGIS se procedió a exportarlos a la base de datos geoespacial con el programa gvSIG.

En la figura 3.4 se observa la base de datos generada en PostgreSQL con las tablas espaciales adicionales geometry_columns y spatial_ref_sys

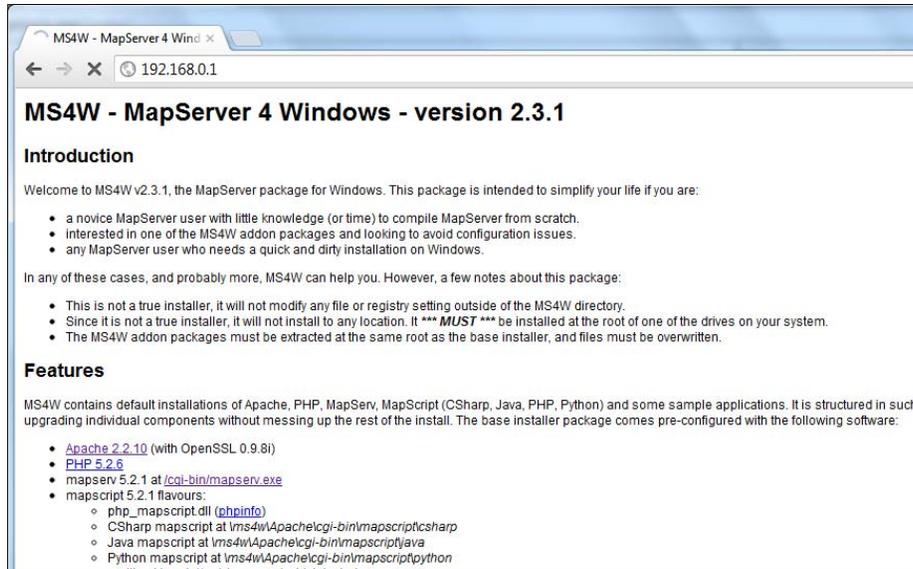


Figura 3.3. MS4W MapServer 4 Windows

Elaborado por el autor

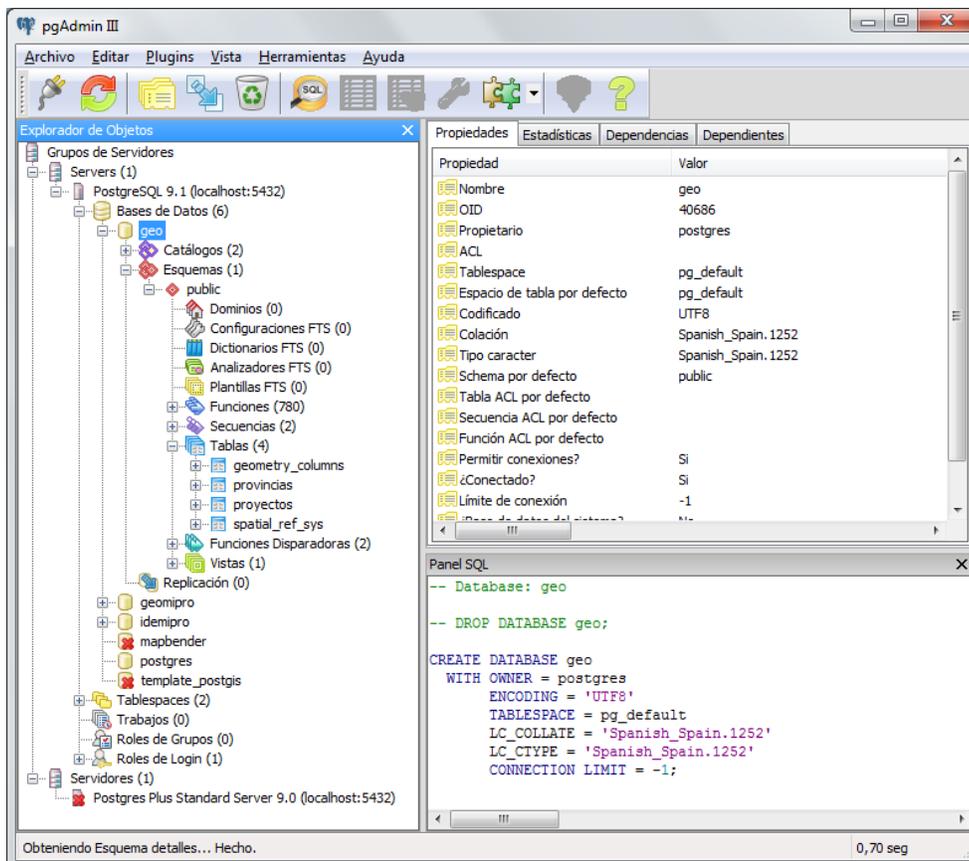


Figura 3.4. Base de datos PostgreSQL

Elaborado por el autor

3.4.1.3 Archivo MAP

En el archivo MAP se definió en la primera sección la extensión y proyección del mapa a generarse:

```
NAME WMSMAPSERVER
  SIZE 833 300
  STATUS ON
  EXTENT -732143.488 9445299.639 1146958.549 1.0189398353E7
  PROJECTION
    "init=epsg:4326"
  END
```

El servicio WMS se configura en la segunda sección del archivo:

```
WEB
METADATA
  "wms_title"          "WMS mapserver MIPRO"
  "wms_onlineresource" "http://192.168.0.1/cgi-
bin/mapserv.exe?map=../htdocs/mfd_win/ejemplo222.map&"
  "wms_srs"            "EPSG:4326"
  "wms_transparent"   "true"
END
END
```

El llamado de datos a la base de datos se lo define en la sección LAYER, además de la definición de la simbología para las capas a mostrar:

```
LAYER
  NAME "provincias"
  TYPE POLYGON
  STATUS default
  CONNECTIONTYPE postgis
  CONNECTION "dbname=geo host=192.168.0.1 port=5432 user=postgres
password=postgres"
  DATA "setsrid(the_geom,4326) from provincias using srid=4326
using unique the_geom"
  CLASSITEM "dpa_provin"
```

En este archivo además se define la simbología de los objetos geográficos y la extensión del mapa.

3.4.2 Configuración de Equipos

Para la instalación, configuración y dimensionamiento del servicio WMS con MapServer se utilizó la arquitectura expuesta en la Figura 3.5

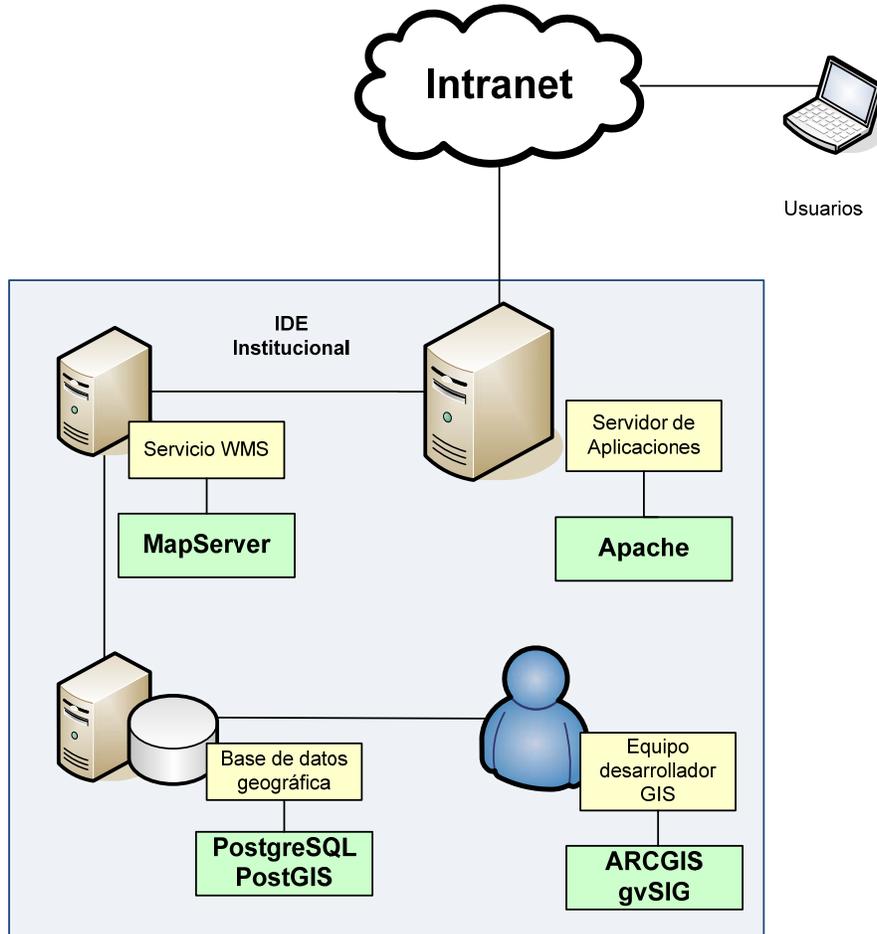


Figura 3.5. Arquitectura IDE MapServer

Elaborado por el autor

Se configuró la red en el rango 192.168.0.X, donde se ha procedido a implementar las aplicaciones conforme se especifica en la Tabla 3.2:

Tabla 3.2. Configuración de aplicaciones

Equipo	IP	Aplicación	Puerto
Computador 1	192.168.0.1	Servidor de aplicaciones: Apache	80
Computador 1	192.168.0.1	Servicio WMS: MapServer	80
Computador 1	192.168.0.1	Gestor de base de datos: PostgreSQL – PostGIS	5432
Computador 2	192.168.0.2	Navegador de Internet	80

3.4.3 Arquitectura WMS MapServer

Como se muestra en la Figura 3.5 la arquitectura WMS MapServer basa en el modelo distribuido de tres niveles: Cliente – Aplicación – Almacenamiento, MapServer utiliza tecnología CGI (Common Gateway Interface).

El cliente realiza la petición por medio de un navegador que soporte el estándar HTML, el servidor de aplicaciones se encarga de canalizar y atender las operaciones que el usuario solicita, accede a los datos almacenados en la base de datos espacial y devuelve la información solicitada.

3.4.4 Resultados

Una vez disponible el servicio WMS se procedió a enviar consultas espaciales desde un computador cliente al servidor a través del URL:

```
http://192.168.0.1/cgi-bin/mapserv.exe?map=../htdocs/mfd_win/ejemplo222.map&
service=wms&version=1.1.0&request=getmap&layers=provincias&srs=epsg:4326
&bbox=-732143.488,9445299.639,1146958.549,1.0189398353e7&width=833&
height=330&format=image/png
```

La Tabla 3.3 identifica los parámetros solicitados al servidor.

Tabla 3.3. Parámetros Request URL

Parámetro Request URL	Descripción
http://192.168.0.1/	IP del servidor
cgi-bin/mapserv.exe?	Llamado a MapServer
map=../htdocs/mfd_win/ejemplo222.map	Ubicación del archivo MAP
service=wms&version=1.1.0	servicio y versión solicitada
request=getmap	Nombre del Request
srs=epsg:4326	Sistema de referencia de coordenadas
bbox=-732143.488,9445299.639, 1146958.549,1.0189398353e7	Rango de coordenadas geográficas que se quiere visualizar
width=833&height=330	Ancho y alto en pixeles de la imagen del mapa
format=image/png	Formato de la imagen del mapa PNG

Y se obtiene como resultado el gráfico de la Figura 3.6 donde se visualizan los proyectos del Ministerio sobre el mapa del Ecuador.

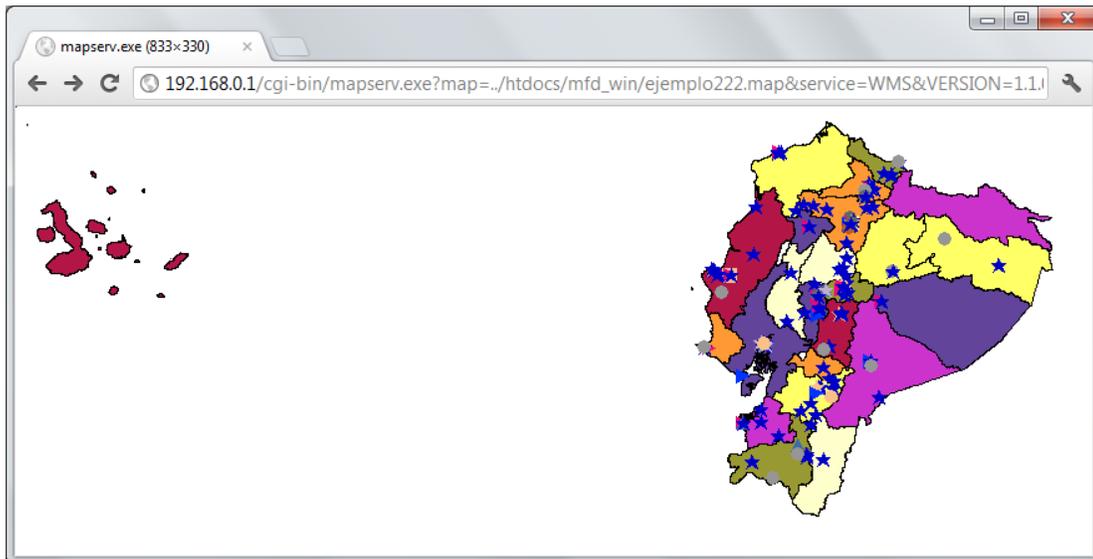


Figura 3.6. Mapa de proyectos del Ministerio de Industrias con WMS MapServer

Elaborado por el autor

CAPITULO 4

INSTALAR, CONFIGURAR Y DIMENSIONAR WMS CON GEOSERVER

4.1 GEOSERVER

GeoServer es un servidor de mapas de código abierto escrito en Java que permite a los usuarios compartir y editar los datos geoespaciales. Tiene la certificación de la OGC en los estándares WCS 1.0, WMS 1.1.1 y WFS 1.0, diseñado para la interoperabilidad. (GeoServer)

GeoServer es la implementación de referencia del Open Geospatial Consortium (OGC) Web Feature Service (WFS) y Web Coverage Service (WCS normas), así como una certificación de alto rendimiento compatible con Web Map Service (WMS). GeoServer constituye un componente esencial de la Web Geoespacial. (GeoServer)

Las principales características de GeoServer son:

- Utiliza tecnología Java J2EE
- Multiplataforma (Windows, Linux, Mac OS X).
- Opera con formatos vectoriales: ESRI shapefiles, PostGIS, ESRI ArcSDE, GML.
- Opera con formatos raster: JPG, PNG, GIF, TIFF, TIFF 8
- Proyecciones on-the-fly (representar datos en una proyección diferente).
- Configuración dinámica a través de URL
- Imágenes de alta Calidad
- Especificaciones OGC: WMS, WFS, WFS-T, WCS, GML, SDL
- Soporta distintas proyecciones
- Interfaz gráfica de configuración

4.2 ARQUITECTURA MAPSERVER

En la figura 4.1 se visualiza la arquitectura general de GeoServer, y sus módulos.

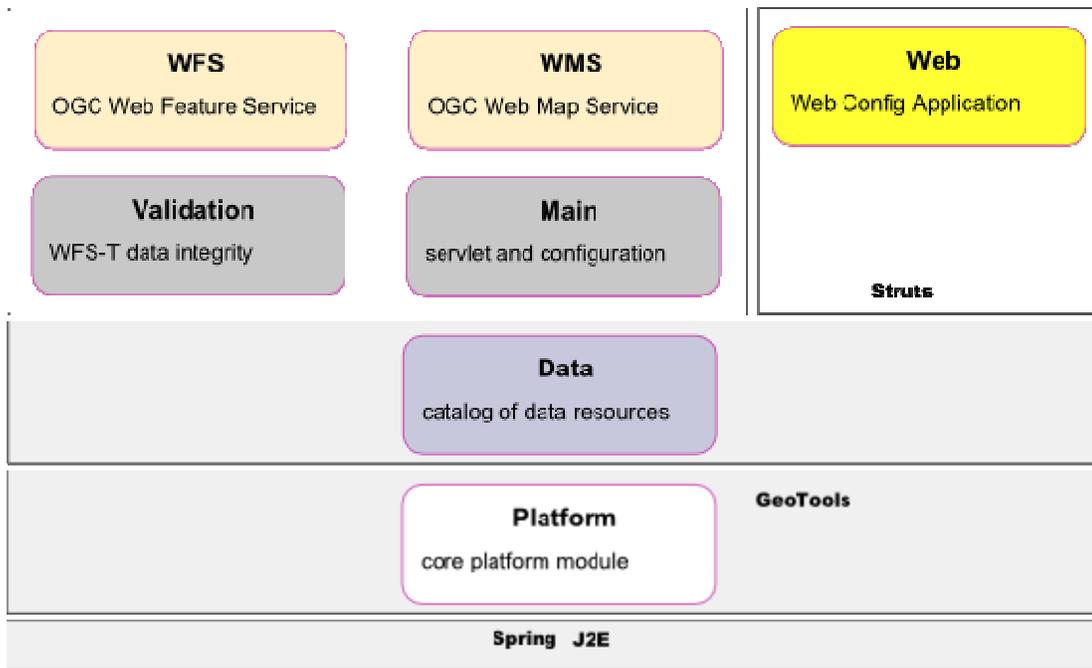


Figura 4.1. Arquitectura GeoServer

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/56/10/Capitulo4.pdf>

Elaborado por Diego Moncayo Universidad Politécnica Salesiana

Los componentes de esta arquitectura son:

- Spring J2E, plataforma de programación JAVA, base para la implementación de GeoServer
- Plataforma Core, Provee la funcionalidad para operatividad y distribución de GeoServer.
- Data, Conexión a base de datos, archivos vectoriales o raster
- Main, Servidor de aplicaciones
- Generación de servicios Web: Servicios WMS, WFS disponibles para clientes Web.
- Extensiones, componentes adicionales para funciones disponibles en GeoServer, simbología, metadatos.

4.3 SERVICIO WMS CON GEOSERVER

El servicio WMS con GeoServer requiere aplicaciones previamente instaladas para su funcionamiento y su configuración es de forma gráfica, disminuyendo la complejidad de instalación y soporte.

4.3.1 Herramientas Utilizadas

4.3.1.1 Java

Java es una plataforma informática que se compone de tecnologías capaces de ejecutar herramientas desarrolladas usando un lenguaje que las compila a bytecode, convirtiéndose en una máquina virtual que dispone de las herramientas y librerías requeridas para la operatividad de estas aplicaciones.

Para esta investigación se utiliza el conjunto de herramientas JDK 7 (Java Development Kit).

4.3.1.2 Apache Tomcat

Apache Tomcat es un contenedor web desarrollado sobre el proceso de comunidad Java, que permite servir aplicaciones web con Servlets Java y Java Server Pages.

Apache Tomcat es desarrollado en un ambiente de código abierto y bajo la licencia de Apache, la versión de apache Tomcat implementada en este proyecto es 7.0.26.

Se inicia el servicio de Apache Tomcat y a través del navegador de internet se verifica su correcta instalación (ver Figura 4.2)

4.3.1.3 GeoServer

Una vez que se encuentra disponibles Java y Apache Tomcat se procede a agregar en el gestor de aplicaciones Web de Tomcat a GeoServer versión 2.1.2 (ver Figura 4.3), que será la aplicación que proveerá el servicio de WMS. GeoServer utiliza el puerto de comunicación 8080 (ver Figura 4.4).

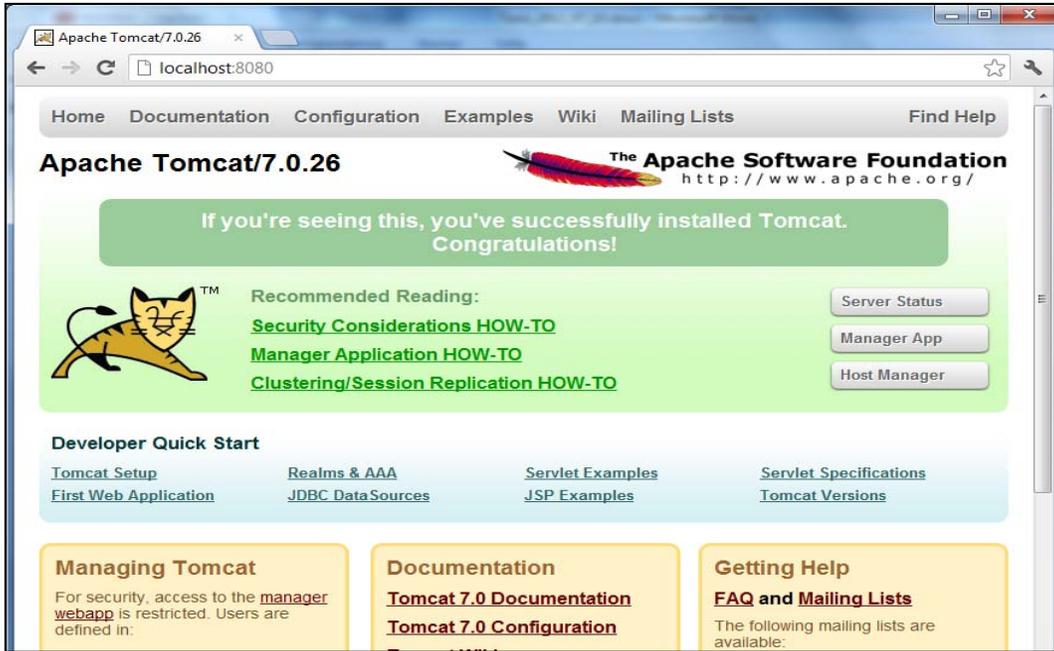


Figura 4.2 Apache Tomcat
Elaborado por el autor

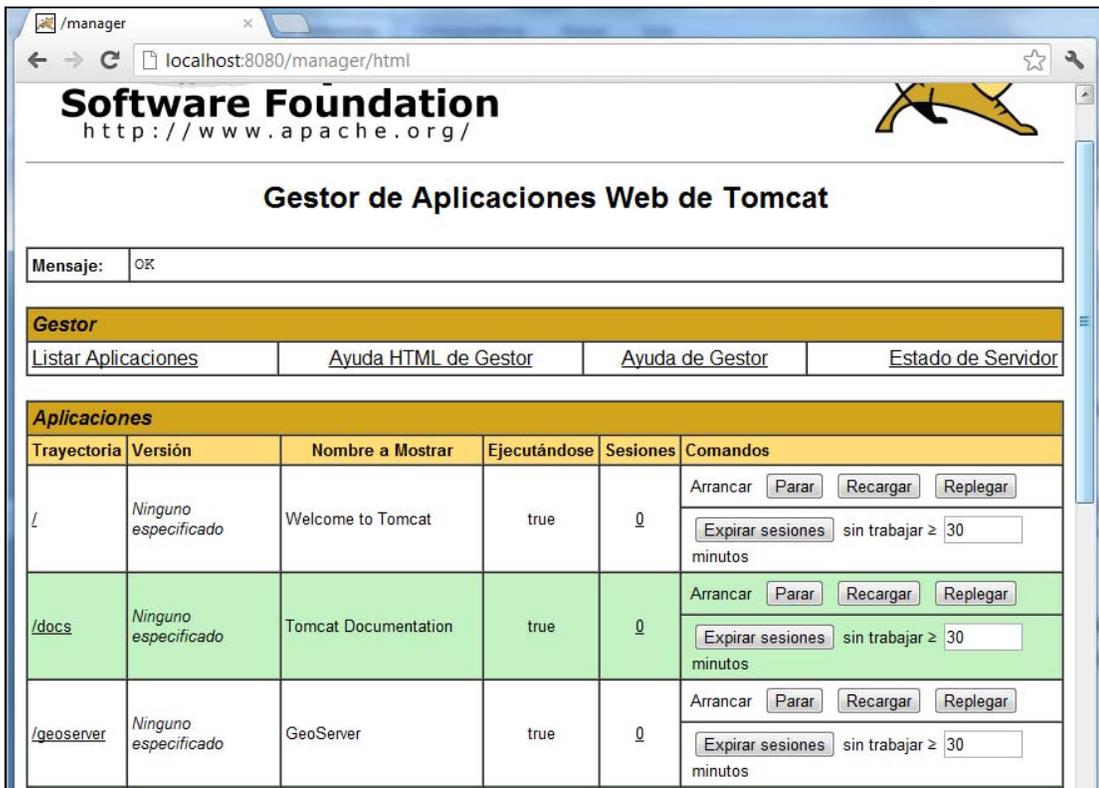


Figura 4.3. GeoServer disponible como aplicación Web de Tomcat
Elaborado por el autor



Figura 4.4. Página de bienvenida de GeoServer

Elaborado por el autor

La base de datos utilizada es la misma descrita en el numeral 3.4.2.1, desarrollada en PostgreSQL y PostGIS, a la cual se realiza un llamado a las tablas de base de datos desde GeoServer agregándolas como capas disponibles del servidor (ver Figura 4.5).



Figura 4.5. Capas disponibles en GeoServer

Elaborado por el autor

Para la publicación del servicio WMS se establece por capa los parámetros de: información básica del recurso, palabras clave, sistema de referencia de coordenadas, y la simbología con SLD con archivo XML (Ver Figura 4.6).

The screenshot shows the GeoServer web interface for configuring a WMS layer. The browser address bar shows 'localhost:8080/geoserver/web/?wicket:interface=:22:2:'. The interface is in Spanish and includes the following sections:

- Sistema de referencia de coordenadas**
 - SRS nativo**: Input field 'EPSG:32717' and a link 'EPSG:WGS 84 / UTM zone 17S...'.
 - SRS declarado**: Input field 'EPSG:32717', a 'Buscar...' button, and a link 'EPSG:WGS 84 / UTM zone 17S...'.
 - Gestión de SRC**: A dropdown menu set to 'Forzar el declarado'.
- Encuadres**
 - Encuadre nativo**: A table with four input fields for 'Min X', 'Min Y', 'Máx X', and 'Máx Y'. Values are: 623.365,145; 9.650.503,499; 865.301,065; 10.089.861,957. Below is a link 'Calcular desde los datos'.
 - Encuadre Lat/Lon**: A table with four input fields for 'Min X', 'Min Y', 'Máx X', and 'Máx Y'. Values are: -79,891; -3,161; -77,714; 0,813. Below is a link 'Calcular desde el encuadre nativo'.
- Detalles del Feature Type**: A table with the following data:

Propiedad	Tipo	Nulo permitido	Ocurrencias mín/máx
nombre_	String	true	0/1
convenio	String	true	0/1

Figura 4.6. Configuración de publicación de capas

Elaborado por el autor

Una vez definidos estos parámetros se ha configurado el servicio WMS con GeoServer.

4.3.2 Configuración de Equipos

Para la instalación, configuración y dimensionamiento del servicio WMS con GeoServer se utilizó la arquitectura descrita en la Figura 4.6:

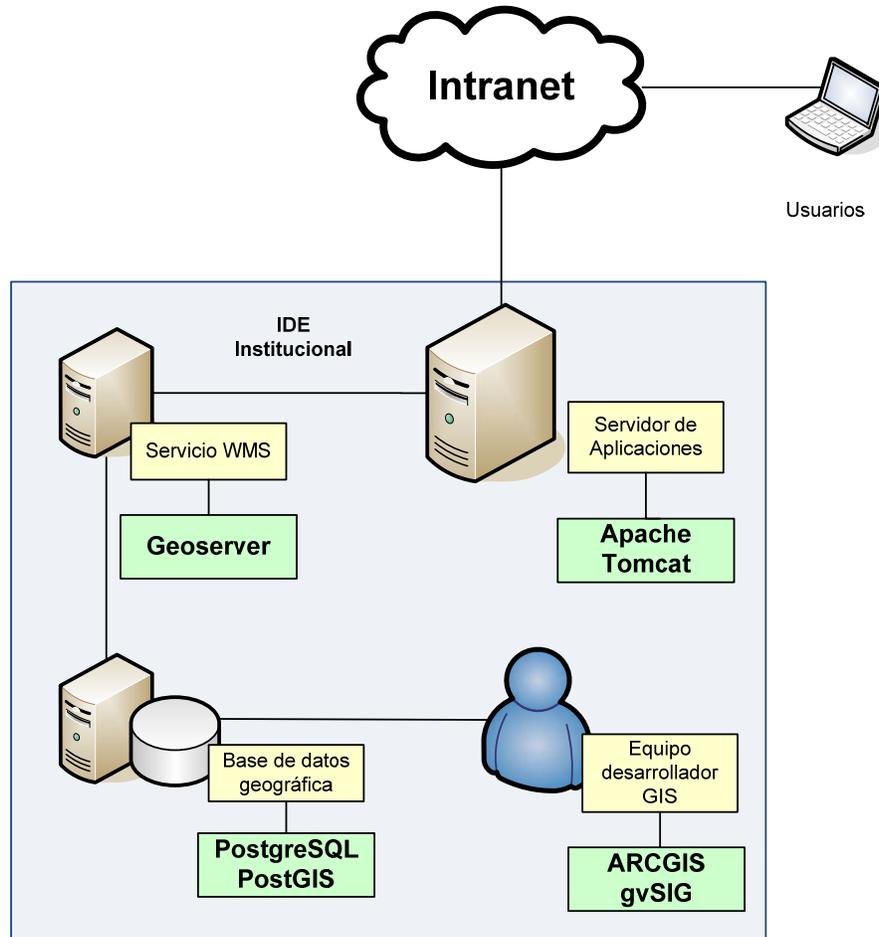


Figura 4.7 Arquitectura IDE GeoServer

Elaborado por el autor

Se configuró la red en el rango 192.168.0.X, donde se ha procedido a implementar las aplicaciones conforme se especifica en la Tabla 4.1:

Tabla 4.1. Configuración de aplicaciones

Equipo	IP	Aplicación	Puerto
Computador 1	192.168.0.1	Servidor de aplicaciones: Apache Tomcat	8080
Computador 1	192.168.0.1	Servicio WMS: GeoServer	8080
Computador 1	192.168.0.1	Gestor de base de datos: PostgreSQL – PostGIS	5432
Computador 2	192.168.0.2	Navegador de Internet	80

4.3.3 Arquitectura WMS GeoServer

WMS GeoServer se basa en la arquitectura distribuida de tres niveles, ya que el servidor responde a una petición que realiza el cliente a través del método getmap.

Utiliza el modelo: Cliente – Aplicación – Almacenamiento descrito anteriormente, el cliente realiza la petición por medio de un navegador de internet, el servidor de aplicaciones la recibe, consulta a la base de datos y genera el mapa requerido.

4.3.4 Resultados

Con el servicio WMS disponible se realiza el llamado al servicio a través del siguiente URL:

```
http://192.168.0.1:8080/geoserver/mipro/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=mipro:provincias,mipro:proyectos&styles=&bbox=-732143.488,9445299.639,1146958.549,1.0189398353E7&width=833&height=330&srs=EPSG:32717&FORMAT=IMAGE/PNG
```

En la Tabla 4.2 se especifican los requerimientos solicitados al servidor:

Tabla 4.2. Parámetros Request URL

Parámetro Request URL	Descripción
http://192.168.0.1:8080/	IP del servidor y puerto
geoserver/	Llamado a GeoServer
mipro/	Localización de almacenamiento de mapas
wms?service=WMS&version=1.1.0	servicio y versión solicitada
request=getmap	Nombre del Request
layers=mipro:provincias,mipro:proyectos	Capas llamadas
styles=	Estilo por defecto definido en GeoServer
bbox=-732143.488,9445299.639,	Rango de coordenadas geográficas

1146958.549,1.0189398353E7	que se quiere visualizar
width=833&height=330	Ancho y alto en pixeles de la imagen del mapa
srs=epsg:32717	Sistema de referencia de coordenadas
format=image/png	Formato de la imagen del mapa PNG

Y se obtiene como resultado el gráfico de la Figura 4.8, donde se visualizan los proyectos del Ministerio sobre el mapa del Ecuador.

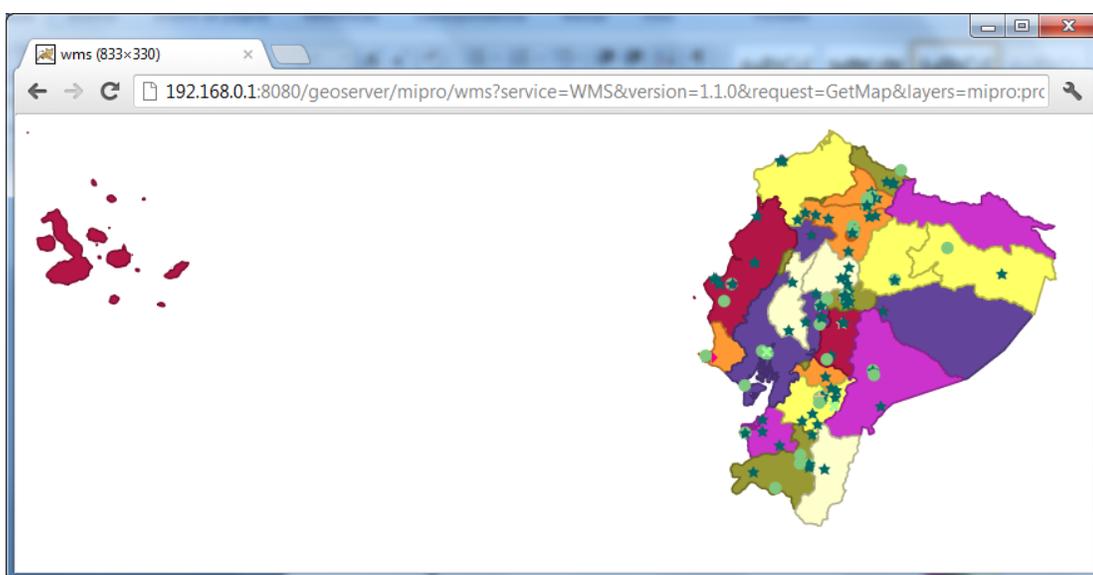


Figura 4.8. Mapa de proyectos del Ministerio de Industrias con WMS GeoServer

Elaborado por el autor

CAPITULO 5

COMPARACIÓN Y RESULTADOS

5.1 ESCENARIOS

Para el desarrollo de esta investigación en función de los recursos nombrados en el numeral 2.6, se definió como:

Computador 1: computador portátil, procesador intel 2,1 Ghz Core 2 duo, memoria RAM de 4Gb, sistema operativo Windows 7 Profesional

Computador 2: computador portátil, procesador intel atom 1,6 Ghz, memoria RAM de 1Gb, sistema operativo Windows XP

Planteando así cuatro escenarios de pruebas:

Escenario 1: Computador 1 como servidor de mapas con el servicio WMS de MapServer.

Escenario 2: Computador 1 como servidor de mapas con el servicio WMS de GeoServer.

Escenario 3: Computador 2 como servidor de mapas con el servicio WMS de MapServer.

Escenario 4: Computador 2 como servidor de mapas con el servicio WMS de GeoServer.

Cada servidor dispone de una tarjeta de red Ethernet 100 MB/s y de acuerdo a los escenarios es configurado y conectado a una red local de pruebas con velocidad de 100 MB/s.

Se procede a una evaluación de los escenarios 1 y 2, a través de una comparación de tiempos de respuesta a usuarios concurrentes, para ser validados con los resultados de la comparación de los escenarios 3 y 4.

5.2 USUARIOS CONCURRENTES

Para estimar los usuarios simultáneos que pueden acceder al servicio WMS a implementarse se ha considerado las estadísticas generadas por google analytics midiendo el número de visitas hechas al portal web www.mipro.gob.ec durante los meses enero – mayo 2012 y la duración media de visita por usuario, estas son expuestas en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Visitas realizadas al portal web institucional

Mes	Visitas	Duración Media de Visita
Enero	41.799	3 min 34 seg
Febrero	34.238	3 min 32 seg
Marzo	36.453	3 min 23 seg
Abril	38.438	3 min 21 seg
Mayo	43.869	3 min 20 seg

El promedio de visitas por mes es 38.959, y la duración media de visita 3 minutos con 26 segundos.

Se ha considerado que la mayor cantidad de visitas realizadas al portal web se desarrollan en horarios de lunes a viernes, así se determina que existen 1948 visitas por día.

Para determinar las horas de mayor concurrencia de usuarios se analizó el reporte de usuarios del mes de agosto del 2012 que hicieron preguntas en el portal del MIPRO a través del sistema de atención en línea, que registra la hora que se recibió un mensaje, así se determina la hora que más usuarios visitaron el portal web para establecer un porcentaje de usuarios concurrentes. La Tabla 5.2 resume los mensajes recibidos por horas en el portal institucional.

Tabla 5.2. Horas de visita al portal institucional

Hora	Mensajes Registrados	Porcentaje de usuarios
00h00 a 09h59	5	9,43%
10h00 a 10h59	10	18,87%
11h00 a 11h59	7	13,21%
12h00 a 12h59	7	13,21%
13h00 a 13h59	5	9,43%
14h00 a 14h59	6	11,32%
15h00 a 15h59	3	5,66%
16h00 a 16h59	5	9,43%
17h00 a 17h59	3	5,66%
18h00 a 18h59	1	1,89%
19h00 a 23h59	1	1,89%
Total	53	

El resultado de este análisis determina que de 10h00 a 10h59 tiene mayor cantidad de usuarios con el porcentaje de 18,87%.

Los usuarios concurrentes son los usuarios simultáneos que el sistema tendrá que soportar y procesar, en este caso de estudio se trabajará con el universo de personas que tentativamente ingresarán en la hora con mayor tráfico, es así que para determinar los usuarios en la hora con mayor tráfico se multiplica la cantidad de usuarios en el día por el porcentaje de usuarios.

Usuarios en la hora con mayor tráfico = $1.948 \times 18,87\%$

Usuarios en la hora con mayor tráfico = 367 usuarios

Se cuenta con un universo de 367 usuarios en una hora, sin embargo al analizar las estadísticas dadas por el sistema de atención al línea del Ministerio se observa que las visitas realizadas no se presentaron en orden simultáneo sino distribuidas, en este caso de estudio se establece a los usuarios concurrentes,

considerando el tiempo medio de visita de los usuarios, y así determinar el servicio WMS que tenga mejor rendimiento al aproximarse a 367 usuarios.

Usuarios concurrentes = (número de usuarios en la hora con mayor tráfico x por el tiempo medio del uso de la aplicación) / intervalo de tiempo medido.

Usuarios concurrentes = $(367 \times 3,35 \text{ min}) / 60 \text{ min} = 20,49 \approx 20$

5.3 HERRAMIENTA DE MEDICIÓN

Para la realización de las pruebas de rendimiento se utiliza el software de código abierto JMeter, simulando usuarios concurrentes que realicen peticiones de datos.

5.3.1 JMeter

JMeter es una herramienta desarrollada sobre Java, que permite realizar pruebas de rendimiento de aplicaciones Web. Es una herramienta de carga para llevar a cabo simulaciones sobre cualquier recurso software.

Inicialmente diseñada para pruebas de estrés en aplicaciones Web, actualmente su arquitectura permite cargar y desarrollar pruebas de rendimiento para diferentes tipos de servicios:

- Web - HTTP, HTTPS
- SOAP (Simple Object Access Protocol)
- Base de datos vía JDBC
- LDAP
- JMS
- Mail - SMTP(S), POP3(S) and IMAP(S)
- Native commands or shell scripts

JMeter es instalado en el computador cliente que realiza la petición y genera la simulación de usuarios concurrentes. Para esto se descarga la aplicación comprimida del enlace: http://jmeter.apache.org/download_jmeter.cgi, y se lo

ejecuta una vez descomprimido en el computador que realizará las peticiones (ver figura 5.1). La versión de JMeter utilizada es la 2.6.

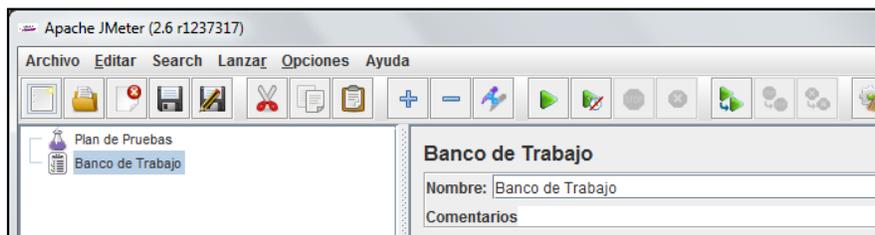


Figura 5.1. Instalación de JMeter

Elaborado por el autor

Los escenarios se configuran conforme la Figura 5.2 se describe el diseño de red para la ejecución de pruebas considerando las configuraciones descritas para los servicios WMS con MapServer y GeoServer en los capítulos 3 y 4.

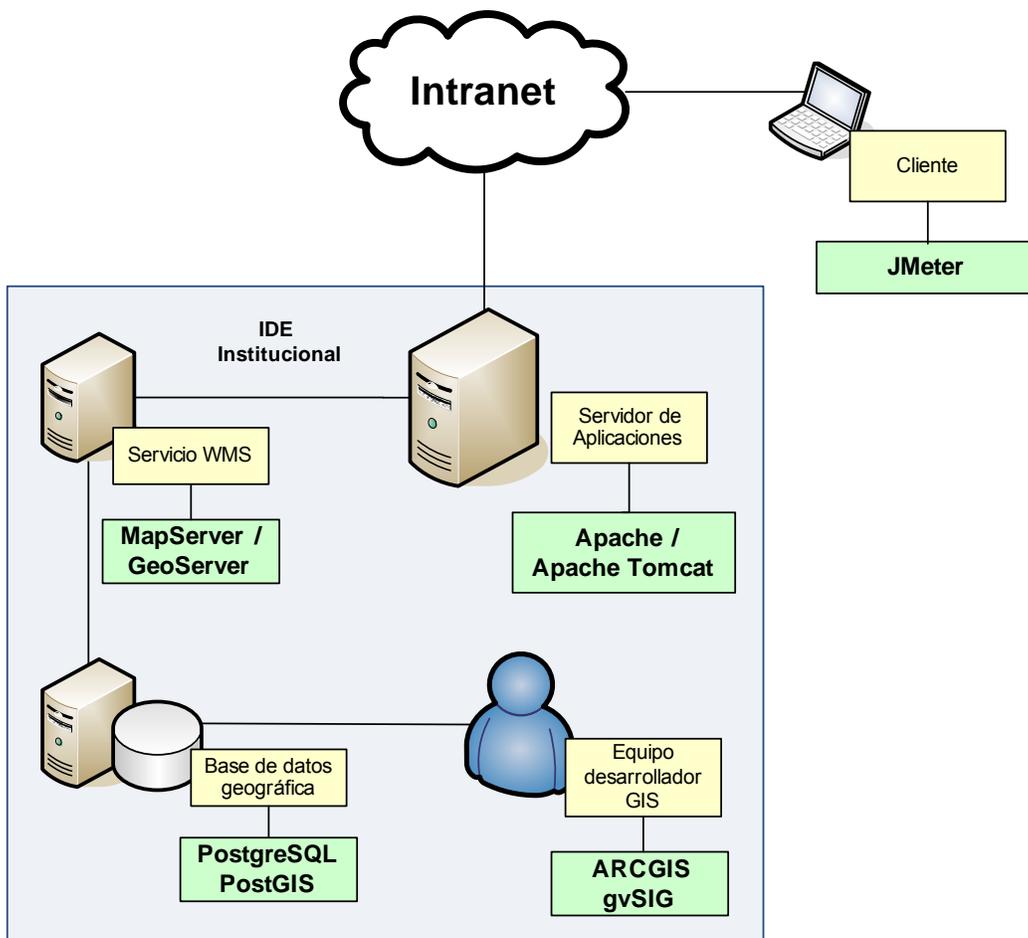


Figura 5.2. Escenarios de pruebas

Elaborado por el autor

5.3.2 Configuración de JMeter

Una vez generados los escenarios se procede a configurar en JMeter las pruebas de rendimiento.

En la figura 5.3 se define el nombre de la prueba, el número de hilos, que representan el número de conexiones a simular, Periodo de subida en segundos, determinando el tiempo en generarse una nueva conexión, para simular usuarios concurrentes se modifica este parámetro a cero segundos.

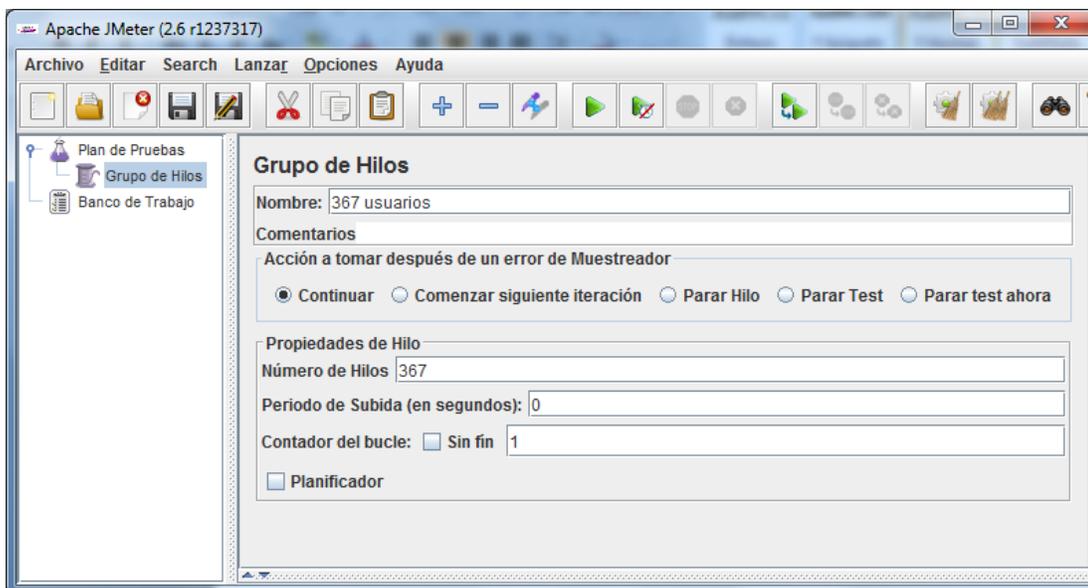


Figura 5.3. Usuarios concurrentes

Elaborado por el autor

Se realizan peticiones IP para medir tiempos de respuesta, JMeter solicita el servidor donde se encuentra disponible el servicio, el puerto de comunicación y ruta para acceder al objeto específico (ver Figura 5.4).

Las Tablas 5.3 y 5.4 describen los parámetros de prueba para WMS con MapServer y GeoServer configurados en JMeter.

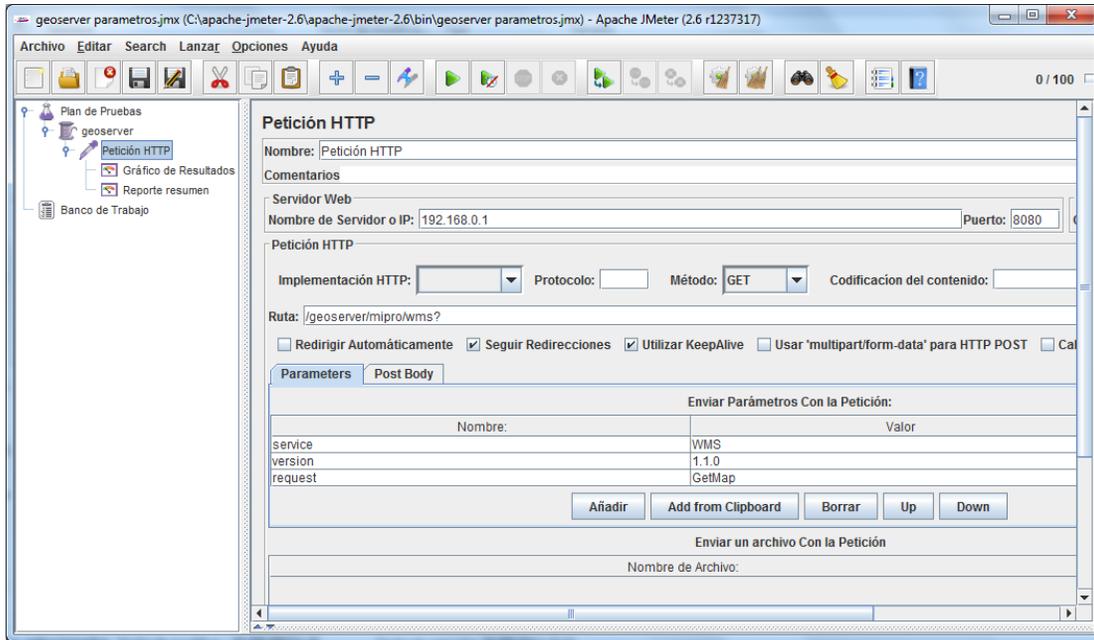


Figura 5.4. Peticiones Http

Tabla 5.3. Parámetros de prueba WMS con MapServer

Nombre	Valor
Nombre del servidor o IP	192.168.0.1
Puerto	80
Ruta	/cgi-bin/mapserv.exe?
map	../htdocs/mfd_win /ejemplo22.map
service	WMS
version	1.1.0
request	GetMap
layers	Provincias
srs	EPSG:4326
bbox	-732143.488,9445299.639,1146958.549, 1.0189398353E7
width	833
height	330
format	IMAGE/PNG

Tabla 5.4. Parámetros de prueba WMS con GeoServer

Nombre	Valor
Nombre del servidor o IP	192.168.0.1
Puerto	8080
Ruta	/geoserver/mipro/wms?
service	WMS
version	1.1.0
request	GetMap
Layers	mipro:provincias,mipro:proyectos
Srs	EPSG:32717
Styles	
Bbox	- 732143.488,9445299.639,1146958.549, 1.0189398353E7
Width	833
Height	330
format	IMAGE/PNG

Configurada las pruebas se requiere obtener los resultados generados, JMeter permite capturar de forma gráfica y tabular el comportamiento de los usuarios, añadiendo los receptores de resultados (ver Figura 5.5).

5.4 RESULTADOS

Para documentar los resultados obtenidos se definen las siguientes variables:

- Software WMS utilizado
- Usuarios concurrentes
- Recursos hardware del servidor: CPU y memoria RAM (computador 1 o computador 2)
- Tiempo de respuesta ante las peticiones recibidas (media y desviación estándar)
- Tamaño en Bytes de archivo esperado por petición: MapServer = 12450 y GeoServer = 43793

- Errores: se considera error a respuestas fallidas del servidor o respuestas con tamaño de Bytes diferente al esperado.
- Porcentaje de errores

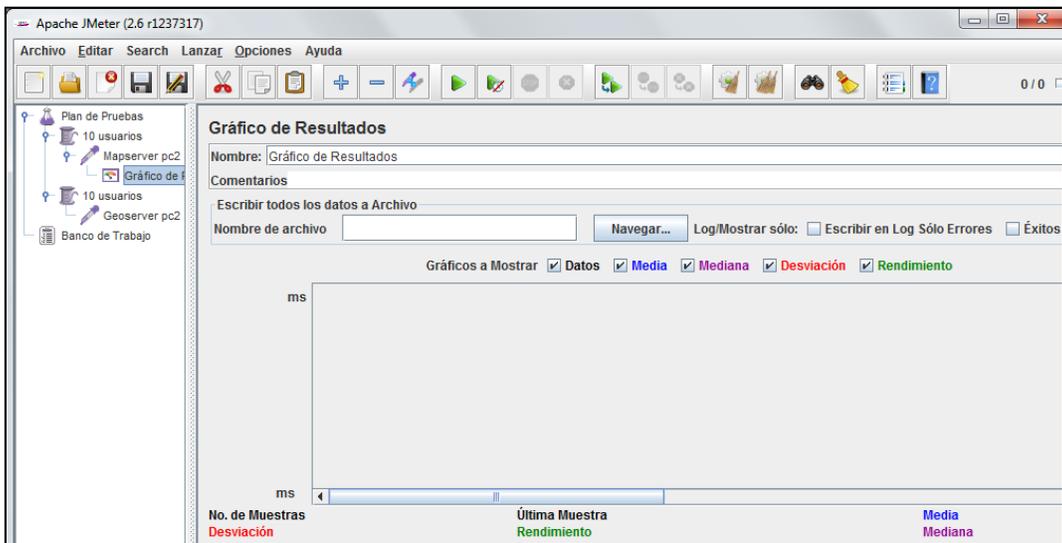


Figura 5.5. Receptor JMeter gráfico

Elaborado por el autor

Las pruebas se realizan para 20, 50, 100, 150, 200, 300, 350 y 367 usuarios, los resultados se recopilaron en la Tabla 5.5 para MapServer y la Tabla 5.6 para GeoServer.

Tabla 5.5. Tiempos de respuesta WMS MapServer

WMS	No.	PC	Tiempo de respuesta (ms)		Bytes	Error	% Error
			Media	Desv. Est.			
MapServer	20	1	6640	2660,73	12450	0	0
MapServer	50	1	17849	8498,68	12450	0	0
MapServer	100	1	32738	12934,47	12450	0	0
MapServer	150	1	45609	22268,71	12450	0	0
MapServer	200	1	60158	27668,32	12450	0	0
MapServer	250	1	70877	35269,92	12450	0	0
MapServer	300	1	65581	41224,13	12450	35	11,67%
MapServer	350	1	60869	45302,83	12450	85	24,28%
MapServer	367	1	54838	43404,47	12450	100	27,25%

Tabla 5.6. Tiempos de respuesta WMS GeoServer

WMS	No.	PC	Tiempo de respuesta (ms)		Bytes	Error	% Error
			Media	Desv. Est.			
GeoServer	20	1	5314	663,94	43793	0	0
GeoServer	50	1	13383	3231,14	43793	0	0
GeoServer	100	1	32353	8953,62	43793	4	4%
GeoServer	150	1	23354	15555,62	43793	64	42,67%
GeoServer	200	1	19290	17387,47	43793	115	57,50%
GeoServer	250	1	19434	18682,30	43793	148	59,20%
GeoServer	300	1	14803	19455,37	43793	214	71,33%
GeoServer	350	1	24330	26572,50	43793	259	74,00%
GeoServer	367	1	47177	39813,32	43793	230	62,67%

5.5 VALIDACIÓN DE RESULTADOS

Para la validación de resultados se prepararon los escenarios 3 y 4 configurando las aplicaciones de acuerdo a las Tablas 5.7 y 5.8.

Tabla 5.7 Configuración de aplicaciones escenario 3

Equipo	IP	Aplicación	Puerto
Computador 2	192.168.0.2	Servidor de aplicaciones: Apache	80
Computador 2	192.168.0.2	Servicio WMS: MapServer	80
Computador 2	192.168.0.2	Gestor de base de datos: PostgreSQL - PostGIS	5432
Computador 1	192.168.0.1	Navegador de Internet	80

Tabla 5.8 Configuración de aplicaciones escenario 4

Equipo	IP	Aplicación	Puerto
Computador 2	192.168.0.2	Servidor de aplicaciones: Apache Tomcat	8080
Computador 2	192.168.0.2	Servicio WMS: GeoServer	8080
Computador 2	192.168.0.2	Gestor de base de datos: PostgreSQL - PostGIS	5432
Computador 1	192.168.0.1	Navegador de Internet	80

Para evaluar el rendimiento de los servicios WMS en el servidor 2, se configura a jmeter, en el computador cliente con los parámetros de prueba WMS establecidos en la Tabla 5.9 para el escenario 3 y la Tabla 5.10 para escenario 4:

Tabla 5.9. Parámetros de prueba WMS con MapServer, escenario 3

Nombre	Valor
Nombre del servidor o IP	192.168.0.2
Puerto	80
Ruta	/cgi-bin/mapserv.exe?
map	../htdocs/mfd_win /ejemplo22.map
service	WMS
version	1.1.0
request	GetMap
layers	Provincias
srs	EPSG:4326
bbox	-732143.488,9445299.639,1146958.549, 1.0189398353E7
width	833
height	330
format	IMAGE/PNG

Tabla 5.10. Parámetros de prueba WMS con GeoServer, escenario 4

Nombre	Valor
Nombre del servidor o IP	192.168.0.2
Puerto	8080
Ruta	/geoserver/mipro/wms?
service	WMS
version	1.1.0

Request	GetMap
Layers	mipro:provincias,mipro:proyectos
Srs	EPSG:32717
Styles	
Bbox	- 732143.488,9445299.639,1146958.549, 1.0189398353E7
Width	833
Height	330
FORMAT	IMAGE/PNG

Se realizan pruebas en estos escenarios para 20, 50, 100, 150, 200, 300, 350 y 367 usuarios, obteniendo matrices de resultados resumidas en las Tablas 5.11 y 5.12 para los escenarios 3 y 4 respectivamente.

Tabla 5.11. Tiempos de respuesta WMS MapServer, escenario 3

WMS	No.	PC	Tiempo de respuesta (ms)		Bytes	Error	% Error
			Media	Desv. Est.			
MapServer	20	2	89883	26577,24	12450	0	0
MapServer	50	2	252442	121728,25	12450	43	86%
MapServer	100	2	523384	385231,36	12450	90	90%
MapServer	150	2	1537520	543551,88	12450	150	100%
MapServer	200	2	1059095	1534003,59	12450	200	100%
MapServer	250	2	1489351	844800,81	12450	250	100%
MapServer	300	2	2149655	1442785,43	12450	300	100%
MapServer	350	2	1466608	1494689,17	12450	350	100%
MapServer	367	2	1221659	922008,24	12450	367	100%

Tabla 5.12. Tiempos de respuesta WMS GeoServer, escenario 4

WMS	No.	PC	Tiempo de respuesta (ms)		Bytes	Error	% Error
			Media	Desv. Est.			
GeoServer	20	2	22958	936,63	43793	0	0
GeoServer	50	2	28692	4193,57	43793	25	50%
GeoServer	100	2	43091	12740,16	43793	74	74%
GeoServer	150	2	80382	33656,39	43793	143	95,33%
GeoServer	200	2	69819	50791,87	43793	180	90%
GeoServer	250	2	34235	35645,87	43793	228	91,20%
GeoServer	300	2	34594	41985,82	43793	288	96%
GeoServer	350	2	22963	33068,99	43793	347	99,14%
GeoServer	367	2	27606	34537,06	43793	356	97%

5.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez obtenidos los resultados, determinamos cuán correlacionados están las variables: número (usuarios), media (tiempo), desviación estándar (Desv_estandar), Bytes y Error (errores) utilizando una regresión lineal donde se analizan la influencia de las variables independientes sobre la variable dependiente error obteniendo los siguientes resultados para cada escenario

5.6.1 Escenario 1

En el análisis se descarta la variable Bytes al ser contante, en la Tabla 5.13 se demuestra que el índice de eficiencia del modelo aplicado resulta aceptable, en razón de obtener un R2 (R cuadrado) de 0.990, lo que indica que las variables introducidas influyen en un 99% en la presentación de errores

Tabla 5.13. Resumen del modelo escenario 1

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típic. de la estimación
1	,995 ^a	,990	,984	5,13421

a. Variables predictoras: (Constante), Desv_estandar, Tiempo, Usuarios

En la Tabla 5.14 Anova de la variable error muestra un Sig. de 0.000, resultado que indica que para este escenario el modelo investigativo de regresión elegido es válido.

Tabla 5.14. ANOVA variable Error en el escenario 1

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1					
Regresión	12940,422	3	4313,474	163,637	,000 ^b
Residual	131,800	5	26,360		
Total	13072,222	8			

b. Variables predictoras: (Constante), Desv_estandar, Tiempo, Usuarios

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 5.15 los betas del modelo son:

$$\beta_0 = \text{contante} = 6,532$$

$$\beta_1 = \text{usuarios} = 0,628$$

$$\beta_2 = \text{tiempo} = -0,002$$

$$\beta_3 = \text{Desv_estandar} = -0,002$$

Tabla 5.15. Coeficientes de variables en el escenario 1

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1					
(Constante)	6,532	4,206		1,553	,181
Usuarios	,628	,154	1,983	4,088	,009
Tiempo	-,002	,000	-1,069	-7,189	,001
Desv_estandar	-,001	,001	-,266	-,454	,669

La Tabla 5.16 demuestra que existe una correlación significativa de 0.806 de los usuarios y el error, es decir a mayor cantidad de usuarios que soliciten el servicio WMS de MapServer mayor error; así también existe una correlación de 0.735 de la desviación estándar y error, determinando que a mayor desviación estándar se producirá mayor cantidad de errores.

Tabla 5.16. Correlaciones escenario 1

		Usuarios	Tiempo	Desv_estandar	Error
Usuarios	Correlación de Pearson	1	,855**	,991**	,806**
	Sig. (bilateral)		,003	,000	,009
	N	9	9	9	9
Tiempo	Correlación de Pearson	,855**	1	,903**	,387
	Sig. (bilateral)	,003		,001	,304
	N	9	9	9	9
Desv_estandar	Correlación de Pearson	,991**	,903**	1	,735*
	Sig. (bilateral)	,000	,001		,024
	N	9	9	9	9
Error	Correlación de Pearson	,806**	,387	,735*	1
	Sig. (bilateral)	,009	,304	,024	
	N	9	9	9	9

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

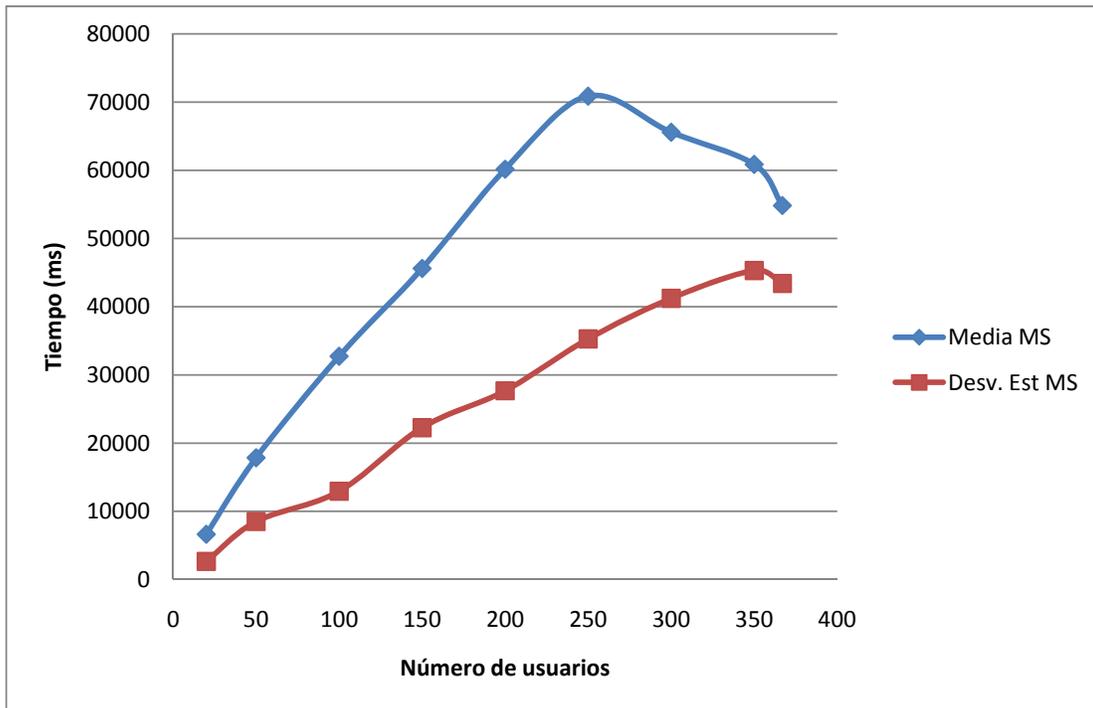


Figura 5.6. Gráfico de resultados escenario 1

Elaborado por el autor

En el escenario 1, como se aprecia en la figura 5.6, existe una correlación significativa entre el número de usuarios y el tiempo de procesamiento de la información; existiendo problemas con más de 250 usuarios en donde la media y la desviación estándar empiezan a decrecer y el error a incrementarse.

5.6.2 Escenario 2

Se descarta del análisis la variable Bytes al ser constante, en la Tabla 5.17 se demuestra que el índice de eficiencia del modelo aplicado resulta aceptable, en razón de obtener un R² (R cuadrado) de 0.991, lo que indica que las variables introducidas influyen en un 99,1% en la presentación de errores

Tabla 5.17. Resumen del modelo escenario 2

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,995 ^a	,991	,985	12,66817

a. Variables predictoras: (Constante), Desv_estandar, Tiempo, Usuarios

En la Tabla 5.18 Anova de la variable error muestra un Sig. de 0.000, resultado que indica que para este escenario el modelo investigativo de regresión elegido es válido.

Tabla 5.18. ANOVA variable Error en el escenario 2

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	85420,476	3	28473,492	177,424	,000 ^b
Residual	802,413	5	160,483		
Total	86222,889	8			

b. Variables predictoras: (Constante), Desv_estandar, Tiempo, Usuarios

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 5.19 los betas del modelo son:

$$\beta_0 = \text{contante} = -16,883$$

$$\beta_1 = \text{usuarios} = 0,792$$

$$\beta_2 = \text{tiempo} = -0,002$$

$$\beta_3 = \text{Desv_estandar} = -0,001$$

Tabla 5.19. Coeficientes de variables en el escenario 2

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	-16,883	13,287		-1,271	,260
1 Usuarios	,792	,141	,973	5,613	,002
Tiempo	-,002	,001	-,256	-2,767	,040
Desv_estandar	,001	,002	,161	,724	,502

La Tabla 5.20 demuestra que existe una correlación significativa de 0.981 de los usuarios y el error, es decir a mayor cantidad de usuarios que soliciten el servicio WMS de GeoServer mayor error; así también existe una correlación de 0.879 de la desviación estándar y error, se determina que a mayor desviación estándar en los resultados de la simulación se producirá mayor cantidad de errores.

Tabla 5.20. Correlaciones escenario 2

		Usuarios	Tiempo	Desv_estandar	Error
Usuarios	Correlación de Pearson	1	,560	,938**	,981**
	Sig. (bilateral)		,117	,000	,000
	N	9	9	9	9
Tiempo	Correlación de Pearson	,560	1	,762*	,411
	Sig. (bilateral)	,117		,017	,271
	N	9	9	9	9
Desv_estandar	Correlación de Pearson	,938**	,762*	1	,879**
	Sig. (bilateral)	,000	,017		,002
	N	9	9	9	9
Error	Correlación de Pearson	,981**	,411	,879**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,271	,002	
	N	9	9	9	9

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

La Figura 5.7 demuestra que existe una dispersión de datos en referencia a la media indicando que el escenario se vuelve poco fiable cuando supera los 100 usuarios, al tener como resultado mayor cantidad de errores y disponer tiempos de media y desviación estándar no normalizados.

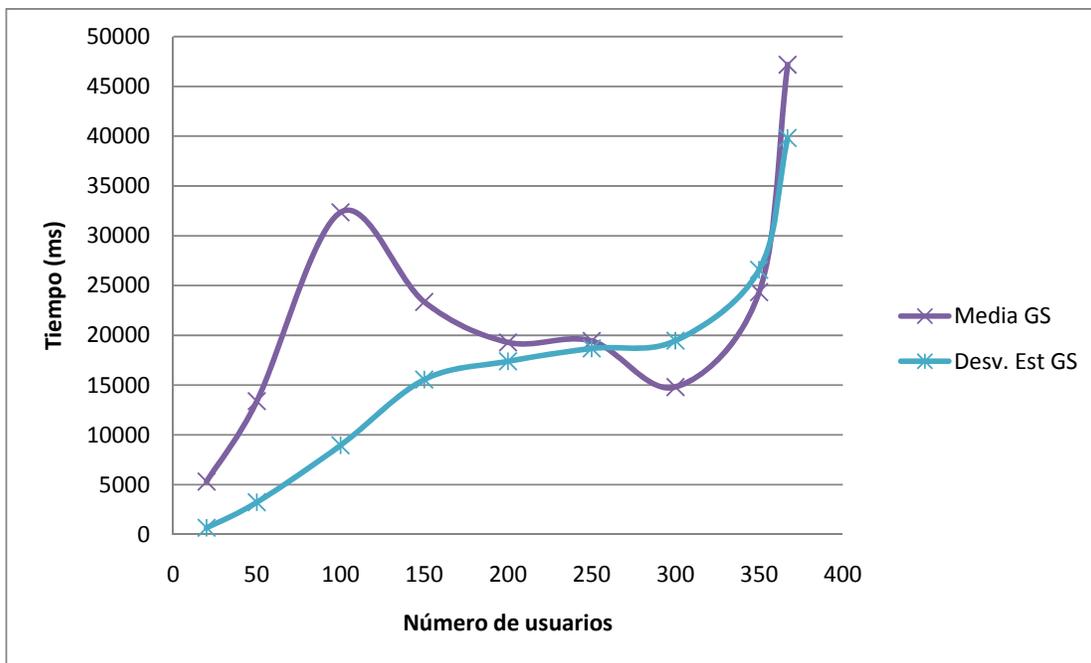


Figura 5.7. Gráfico de resultados escenario 2

Elaborado por el autor

5.6.3 Comparación de escenarios 1 y 2

Una vez obtenidos los resultados de las simulaciones y al haber analizados los escenarios 1 y 2 se resume los resultados en la Tabla 5.21, donde se observa que para el escenario 2 existe mayor influencia y correlación de la variable usuarios para que exista mayor cantidad de errores, eso quiere decir que el escenario 1 es más fiable que el escenario 2.

Tabla 5.21. Beta y Correlación de escenarios 1 y 2

Variables	Beta		Correlación variable Error	
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 1	Escenario 2
Usuarios	0,628	0,792	0,806	0,981
Tiempo	-0,002	-0,002	0,387	0,411
Desv_estandar	-0,001	-0,001	0,735	0,879

Los resultados gráficos de las medias y desviación estándar de los escenarios 1 y 2 se examinan en el Figura 5.8 que demuestra que el escenario 1 responde a las peticiones en mayor tiempo al escenario 2, sin embargo este produce

dispersiones no normales en la desviación estándar a partir de 100 usuarios, siendo más estable y fiable. Así se demuestra en la Figura 5.9 que para el escenario 1 aparecen errores al superar los 250 usuarios, mientras que para el escenario 2 se presentan errores a partir de los 100 usuarios concurrentes.

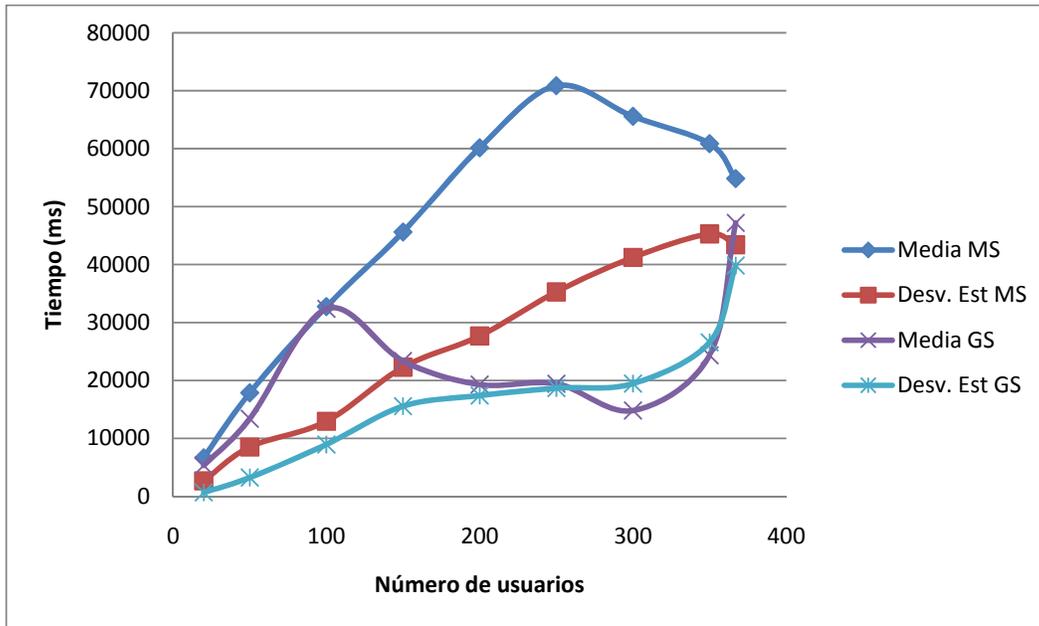


Figura 5.8. Media y desviación estándar escenarios 1 y 2

Elaborado por el autor

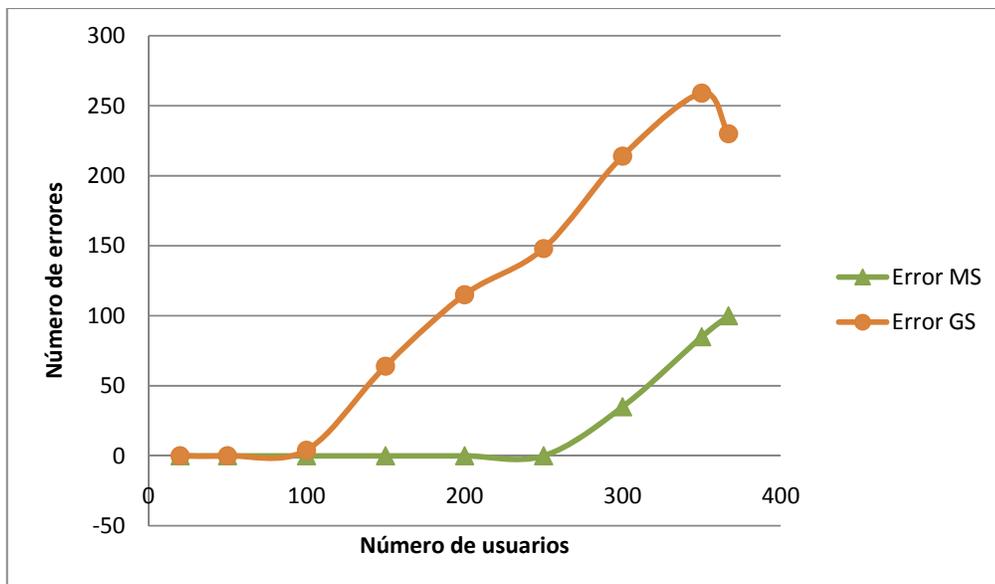


Figura 5.9. Errores producidos en escenarios 1 y 2

Elaborado por el autor

5.6.4 Escenario 3

Se descarta del análisis la variable Bytes al ser constante, la Tabla 5.22 demuestra que el índice de eficiencia del modelo aplicado resulta aceptable, en razón de obtener un R2 (R cuadrado) de 0.999, lo que indica que las variables introducidas influyen en un 99,9% en la presentación de errores

Tabla 5.22. Resumen del modelo escenario 3

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	1,000 ^a	,999	,999	4,60755

En la Tabla 5.23 Anova de la variable error muestra un Sig. de 0.000, resultado que indica que para este escenario el modelo investigativo de regresión elegido es válido.

Tabla 5.23. ANOVA variable Error en el escenario 3

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	141754,074	3	47251,358	2225,736	,000 ^b
Residual	106,148	5	21,230		
Total	141860,222	8			

b. Variables predictoras: (Constante), Desv_estandar, Tiempo, Usuarios

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 5.24 los betas del modelo son:

$$\beta_0 = \text{contante} = -14,138$$

$$\beta_1 = \text{usuarios} = 1,013$$

$$\beta_2 = \text{tiempo} = 5,222\text{E-}006$$

$$\beta_3 = \text{Desv_estandar} = 2,084\text{E-}006$$

La Tabla 5.24 demuestra que existe una correlación significativa de 0.999 de los usuarios y el error, es decir a mayor cantidad de usuarios que soliciten el servicio WMS de MapServer mayor error; así también existe una correlación de 0.798 del tiempo y error; y una correlación de 0,819 de la desviación estándar y error,

determinando que a mayor tiempo y mayor desviación estándar se producirá mayor cantidad de errores

Tabla 5.24. Coeficientes de variables en el escenario 3

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	-14,138	3,131		-4,516	,006
1 Usuarios	1,013	,025	,971	41,319	,000
Tiempo	5,222E-006	,000	,027	1,258	,264
Desv_estandar	2,084E-006	,000	,009	,410	,699

Tabla 5.25. Correlaciones escenario 3

		Usuarios	Tiempo	Desv_estandar	Error
Usuarios	Correlación de Pearson	1	,788*	,813**	,999**
	Sig. (bilateral)		,012	,008	,000
	N	9	9	9	9
Tiempo	Correlación de Pearson	,788*	1	,762*	,798**
	Sig. (bilateral)	,012		,017	,010
	N	9	9	9	9
Desv_estandar	Correlación de Pearson	,813**	,762*	1	,819**
	Sig. (bilateral)	,008	,017		,007
	N	9	9	9	9
Error	Correlación de Pearson	,999**	,798**	,819**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,010	,007	
	N	9	9	9	9

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

La Figura 5.10 demuestra que existe una dispersión de datos en referencia a la media y desviación estándar a partir de los 100 usuarios desde donde empiezan a presentarse errores mayores a 85 % y llegar al 100% cuando se simulan 150 usuarios o más.

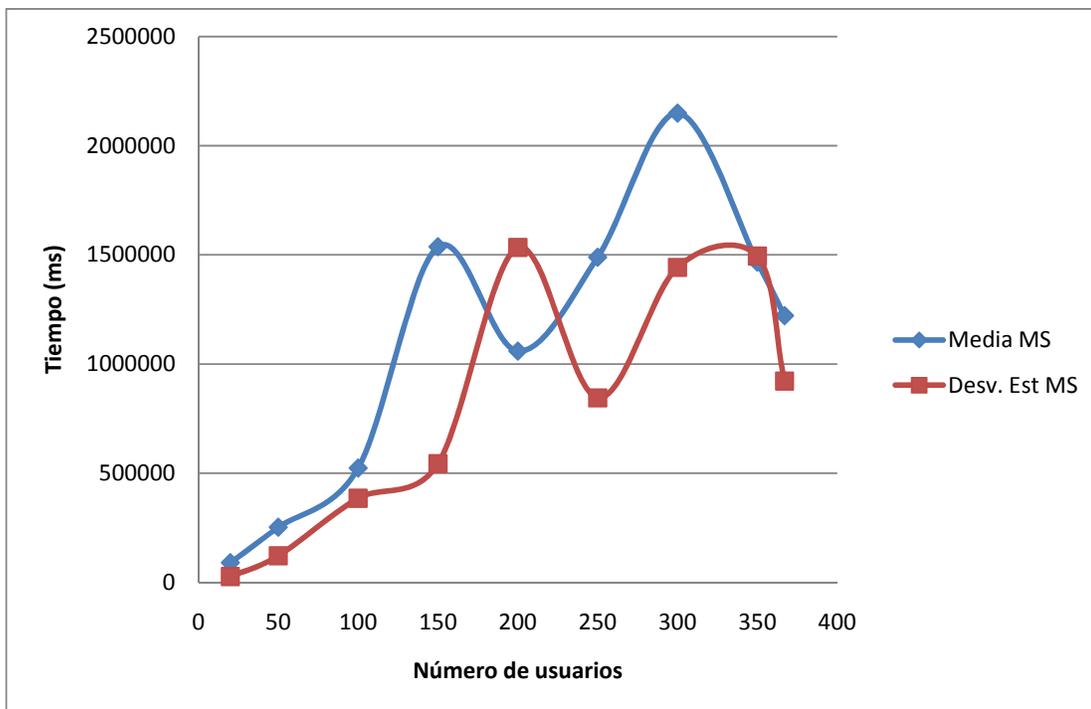


Figura 5.10. Gráfico de resultados escenario 3

Elaborado por el autor

5.6.5 Escenario 4

En el análisis se descarta la variable Bytes al ser contante, en la Tabla 5.26 se demuestra que el índice de eficiencia del modelo aplicado resulta aceptable, en razón de obtener un R2 (R cuadrado) de 0.999, lo que indica que las variables introducidas influyen en un 99,9% en la presentación de errores

Tabla 5.26 Resumen del modelo escenario 4

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,999 ^a	,998	,997	7,51188

a. Variables predictoras: (Constante), Desv_estandar, Tiempo, Usuarios

En la Tabla 5.27 Anova de la variable error muestra un Sig. de 0.000, resultado que indica que para este escenario el modelo investigativo de regresión elegido es válido.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 5.28 los betas del modelo son:

$$\beta_0 = \text{contante} = -24,448$$

$\beta_1 = \text{usuarios} = 1,023$

$\beta_2 = \text{tiempo} = -1,321\text{E}-005$

$\beta_3 = \text{Desv_estandar} = 0,000$

Tabla 5.27. ANOVA variable Error en el escenario 4

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	141531,858	3	47177,286	836,056	,000 ^b
Residual	282,142	5	56,428		
Total	141814,000	8			

b. Variables predictoras: (Constante), Desv_estandar, Tiempo, Usuarios

Tabla 5.28. Coeficientes de variables en el escenario 4

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	-24,448	5,115		-4,780	,005
1 Usuarios	1,023	,045	,981	22,771	,000
Tiempo	-1,321E-005	,000	-,022	-,661	,538
Desv_estandar	,000	,000	,024	,480	,652

Tabla 5.29. Correlaciones escenario 4

		Usuarios	Tiempo	Desv_estandar	Error
Usuarios	Correlación de Pearson	1	-,009	,752*	,999**
	Sig. (bilateral)		,981	,019	,000
	N	9	9	9	9
Tiempo	Correlación de Pearson	-,009	1	,520	-,019
	Sig. (bilateral)	,981		,152	,962
	N	9	9	9	9
Desv_estandar	Correlación de Pearson	,752*	,520	1	,750*
	Sig. (bilateral)	,019	,152		,020
	N	9	9	9	9
Error	Correlación de Pearson	,999**	-,019	,750*	1
	Sig. (bilateral)	,000	,962	,020	
	N	9	9	9	9

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**.. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La Tabla 5.29 demuestra que existe una correlación significativa de 0.999 de los usuarios y el error, es decir a mayor cantidad de usuarios que soliciten el servicio WMS de GeoServer mayor error; así también existe una correlación de 0.750 de la desviación estándar y error, determinando que a mayor desviación estándar mayor cantidad de errores.

La Figura 5.11 demuestra que existe una dispersión de datos en referencia a la media indicando que el escenario se vuelve poco fiable cuando supera los 50 usuarios, al tener como resultado mayor cantidad de errores y disponer tiempos de media y desviación estándar no normalizados.

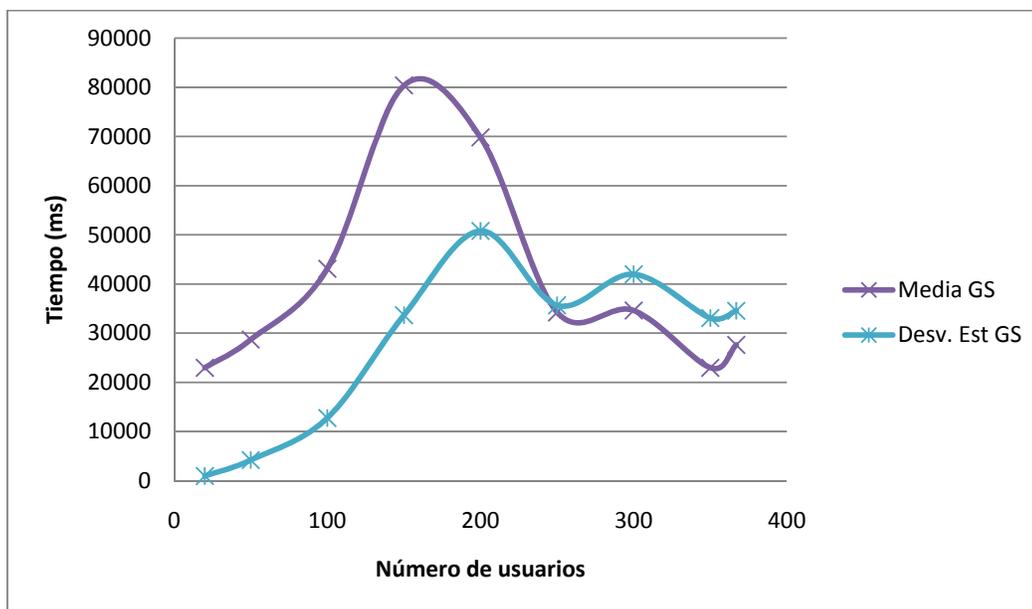


Figura 5.11. Gráfico de resultados escenario 4

Elaborado por el autor

5.6.6 Comparación de escenarios 3 y 4

Para validar los datos obtenidos en los escenarios 1 y 2 se procede a comparar los coeficientes y correlaciones de los escenarios 3 y 4 se resumida en la Tabla 5.30, donde se demuestra que la correlación de usuarios y la variable error en los dos escenarios es de 0,999, sin embargo el beta de usuarios es mayor en el escenario 4 que en el escenario 3, lo que determina que es totalmente dependiente la variable error del número de usuarios concurrentes.

Tabla 5.30. Beta y Correlación de escenarios 3 y 4

Variables	Beta		Correlación variable Error	
	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 3	Escenario 4
Usuarios	1,013	1,023	0,999	0,999
Tiempo	5,222E-006	-1,321E-005	0,798	-0,019
Desv_estandar	2,084E-006	0,000	0,819	0,750

Los resultados gráficos de las medias y desviación estándar de los escenarios 3 y 4 se analizan en el Figura 5.12 que demuestra que el escenario 3 presenta un comportamiento normalizado hasta los 150 usuarios donde empieza una dispersión de datos no uniforme, mientras que el escenario 4 posee tiempos de respuesta más eficaces pero no tiene un comportamiento estable. Así se demuestra en la Figura 5.13 que para el escenario 3 aparecen errores al superar los 20 usuarios y se mantiene en una línea uniforme, mientras que para el escenario 4 se presentan errores a partir de los 20 usuarios concurrentes y su curva no es estable.

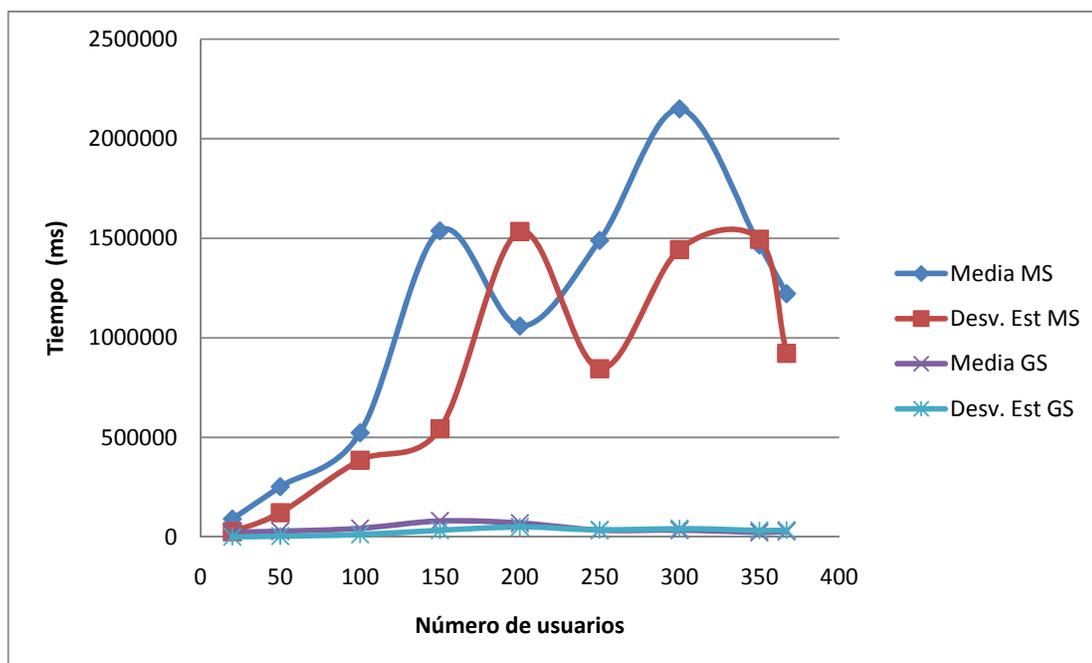


Figura 5.12. Media y desviación estándar escenarios 3 y 4

Elaborado por el autor

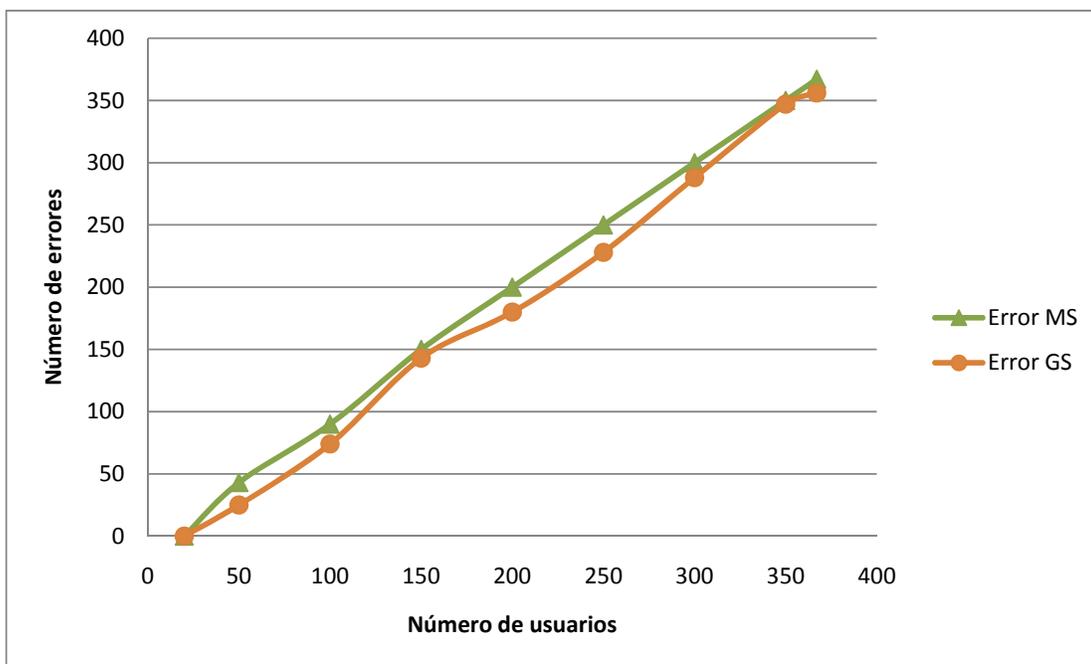


Figura 5.13. Errores producidos en escenarios 3 y 4

Elaborado por el autor

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El crecimiento exponencial en la implementación de infraestructura de datos espaciales a nivel mundial ha generado la definición de estándares que garanticen la interoperabilidad de sistemas, para el servicio WMS las instituciones públicas, privadas y la academia han desarrollado los proyectos en código abierto MapServer y GeoServer, la instalación, configuración y dimensionamiento de estas herramientas fue más compleja con MapServer ya que su administración se ejecuta en un archivo map que requiere identificar sentencias de programación para desarrollar modificaciones, contrario a GeoServer que dispone de una interfaz gráfica que permite realizar cambios rápidamente en la configuración de atributos sin la necesidad de disponer de conocimientos especializados en lenguajes de programación

Una vez obtenidos los resultados de las simulaciones para MapServer y GeoServer a través de cuatro escenarios de investigación se puede identificar que existe una correlación significativa entre el número de errores y la cantidad de usuarios concurrentes que solicitan el servicio, GeoServer responde más rápidamente las solicitudes enviadas por los usuarios demostrando un tiempo de procesamiento mucho menor que MapServer, sin embargo, MapServer soporta mayor cantidad de usuarios antes de presentar errores siendo una aplicación más fiable que GeoServer, demostrado en la integridad de información transmitida.

MapServer mediante las simulaciones realizadas en los escenarios 1 y 3 demuestra mayor eficiencia en la respuesta a peticiones que GeoServer que

presenta dispersión de datos al superar los 100 usuarios en el escenario 2 y 50 usuarios en el escenario 4.

Los resultados de los escenarios 3 y 4 demuestran que las características de hardware del servidor que dispone del servicio WMS es influyente en el rendimiento de MapServer y GeoServer, en razón que al disponer en los dos casos de menor cantidad de recursos que los escenarios 1 y 2 se presentan errores en menor número de usuarios simultáneos que solicitan el servicio.

Al analizar individualmente los tiempos de respuesta medidos por la media y desviación estándar en milisegundos para los escenarios de estudio se observa que para 20 usuarios concurrentes existe una capacidad de respuesta de GeoServer más eficiente que MapServer, sin que existan errores en la transmisión de datos indicando que la información llegaría íntegra a cada usuario.

GeoServer al ser desarrollado sobre una máquina virtual de Java requiere mayor cantidad de recursos de hardware que MapServer desarrollado sobre el lenguaje C, a pesar que los dos son implementados sobre una arquitectura de aplicación distribuida, la diferencia se encuentra en la capa lógica de negocio, en razón que para procesar la información solicitada por un cliente MapServer desarrolla una imagen con las instrucciones del archivo map (conexión de base de datos, proyección, capas de presentación y simbología), mientras que GeoServer requiere llamar a archivos externos para presentar los resultados, java para interpretar las instrucciones y archivos XML para representar la simbología.

6.2 RECOMENDACIONES

En conocimiento del rol estratégico que está tomando la infraestructura de datos espaciales en las carteras del Estado, es indispensable que el CONAGE establezca las prioridades de la Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales para recomendar el uso de los servicios WMS de MapServer o GeoServer, en función de establecer si se requiere soportar mayor cantidad de

usuarios concurrentes en las IDE o menor complejidad en la adaptación de nuevos cambios.

En el caso de disponer recursos limitados para la adquisición de equipos informáticos de mejores características a los de esta investigación, se recomienda el uso del servicio WMS de MapServer para la implementación de IDE institucional en razón de soportar mayor cantidad de usuarios concurrentes optimizando los recursos de hardware disponibles. Sin embargo, si no existieran limitantes de recursos financieros se debe considerar el uso de GeoServer, una vez que se realice la planificación de capacidad requerida, como el servicio WMS en virtud de disponer de una administración gráfica que permite optimizar tiempo para el desarrollo de actualizaciones en Infraestructura de datos espaciales.

Actualmente en el país no existe capacidad técnica certificada para la administración de servicios WMS MapServer o GeoServer, la academia debe intervenir en mejorar la capacidad técnica especializada en esta materia en alineación con las nuevas políticas gubernamentales (Decreto Ejecutivo No. 1014), viabilizar las mismas y proponer alternativas. Ante este problema se están desarrollando capacitaciones organizadas por el Instituto Geográfico Militar para funcionarios del sector público especializándolos en la administración de GeoServer, esto genera disponer de soporte y documentación nacional de este servicio, por lo que se recomienda al Ministerio de Industrias y Productividad evaluar la continuidad del proyecto destinando recursos para fortalecer la infraestructura tecnológica disponible para este servicio y la capacitación especializada de un equipo de trabajo que desarrolle procesos que garanticen la transferencia de conocimientos en la implementación y soporte del servicio WMS seleccionado.

Bibliografía

- Ballatore & Tahir, A. A. (2011). A Comparison of Open Source Geospatial Technologies for Web Mapping.
- Béjar, R. (2011). Las Infraestructuras de Datos Espaciales. *Cuaderno Red de Cátedras Telefónica*, 4-10.
- Comunidad Intercambiosos.org. (s.f.). *Intercambiosos.org - Foro de Ayuda*. Recuperado el 10 de junio de 2012, de <http://intercambiosos.org/showthread.php?t=8202>
- CONAGE. (2010). *Glosario de Términos*.
- CONAGE. (2010). Políticas Nacionales de Información Geoespacial.
- Correa, M., & USFQ. (2010). *La infraestructura de datos espaciales, IDE y su utilidad para gestionar la información de la carta geológica a través de los servicios en la web*. Quito: Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Postgrados.
- Cueva, L. J. (1999). *Introducción a UML*. Oviedo: Universidad Oviedo.
- DM Solutions Group. (s.f.). *WMS DM Solutions Group*. Recuperado el 1 de mayo de 2012, de http://www2.dmsolutions.ca/cgi-bin/mswms_gmap?SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1&REQUEST=getmap&layers=prov_bound,popplace&STYLES=&SRS=EPSG:4326&BBOX=-173.537,35.8775,-11.9603,83.800920&WIDTH=1024&HEIGHT=768&FORMAT=image/png
- Foundation, A. S. (s.f.). *Download Apache JMeter*. Recuperado el 27 de agosto de 2012, de http://jmeter.apache.org/download_jmeter.cgi
- Furtado, D., & Julião, R. P. (s.f.). *Servicios de datos geográficos del Instituto Geográfico Português*. Recuperado el 2012 de Abril de 30, de <http://www.orzancongres.com/administracion/upload/imgPrograma/N-043.pdf>
- IGM. (s.f.). *Geoportal IGM*. Recuperado el 12 de abril de 2012, de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/news/liberacion-de-cartografia-base-a-escala-1-50-000>
- IGM. (2009). *Portal de IDEs del Instituto Geográfico Militar*. Recuperado el 13 de 03 de 2012, de Geoportal IGM: <http://www.geoportaligm.gob.ec/index2.html>
- Kropla, B. (2005). *MapServer Open Source GIS Development*. New York: Apress.
- MapGears. (s.f.). *MapServer for Windows - MS4W*. Recuperado el 1 de mayo de 2012, de <http://maptools.org/ms4w/>

- MapServer. (s.f.). *Acerca de MapServer*. Recuperado el 10 de junio de 2012, de <http://mapserver.org/es/about.html#about>
- MIPRO. (s.f.). *MIPRO - Info institucional*. Recuperado el 17 de abril de 2012, de http://www.mipro.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=164&Itemid=92
- MIPRO. (s.f.). *MIPRO - Info institucional*. Recuperado el 17 de abril de 2012, de http://www.mipro.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=162&Itemid=57
- OGC, O. G. (2006). *OpenGIS Web Map Server Implementation Specification*. Open Geospatial Consortium Inc.
- OpenGeo. (s.f.). *GeoServer - About*. Recuperado el 15 de julio de 2012, de <http://geoserver.org/display/GEOS/What+is+Geoserver>
- OpenGeo. (s.f.). *Geoserver - Download*. Recuperado el 10 de enero de 2012, de <http://geoserver.org/display/GEOS/Download>
- Padilla, O., & Dueñas, S. (2010). *Implementación del Servicio de Fenómenos en Web (Web Feature Service-WFS) bajo Normas ISO 19100 y OGC, como parte de la infraestructura de datos espaciales de la Escuela Politécnica del Ejército (IDEESPE)*. Sangolquí.
- PostgreSQL, C. d. (s.f.). *Sobre PostgreSQL*. Recuperado el 15 de mayo de 2012, de http://www.postgresql.org/es/sobre_postgresql
- Presidencia del Ecuador. (2008). Decreto Ejecutivo No. 1014.
- Presidencia del Ecuador. (2004). Decreto Ejecutivo No. 2250.
- Pueyo, A. U. (1991). El Sistema de Información Geográfica: un instrumento para la planificación y gestión urbana. *Geographicalia* , 175-192.
- Stopper, R., & Enescu, I. (2012). *Open Geospatial Consortium (OGC) and Web Services (WMS, WFS)*.
- University of Minnesota. (s.f.). *An Introduction to MapServer*. Recuperado el 13 de abril de 2012, de <http://mapserver.org/es/introduction.html>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

CONAGE: Consejo Nacional de Geoinformática

Datos Geoespaciales: Representación de objetos referenciados a una localización en la tierra (georeferenciados)

IDE: Infraestructura de Datos Espaciales, Conjunto de políticas, leyes, normas, estándares, organizaciones, planes, programas, proyectos, recursos humanos, tecnológicos y financieros integrados adecuadamente para facilitar la producción, el acceso y uso de la información geoespacial regional, nacional o local, para el apoyo al desarrollo social, económico y ambiental de los pueblos.

IEDG: Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales

IGM: Instituto Geográfico Militar

Interoperabilidad: Capacidad de comunicar, ejecutar programas o transferir datos entre sistemas heterogéneos de manera transparente al usuario.

Metadatos: Es la información documentada que describe los datos geográficos generados y constituye un archivo de información específica de estudios individuales, medio a través del cual se conocerá la calidad de los datos

Objeto Vectorial: objeto representado cartográficamente a través de ser incorporados a una figura geométrica particular: punto, línea o área (polígono)

OGC: Open Geospatial Consortium – agrupación mundial de organizaciones públicas y privadas que definen estándares abiertos dentro de los sistemas de información geográfica y la web que permitan la interoperabilidad entre plataformas SIG y el intercambio de información geográfica

Raster Malla o matriz regular de celdas de un área determinada.

Servicios: Componentes que permiten la comunicación entre aplicaciones ubicadas en diversos puntos geográficos de manera interoperable, por medio de uso de estándares y protocolos abiertos de Internet, los cuales proveen al cliente, acceso a la funcionalidad del servicio sobre la web de manera íntegra y segura.

SVG: Scalable Vector Graphics, especificación para describir objetos vectoriales

SIG: Sistema de Información Geográfico (en inglés GIS, Geographic Information System) - Conjunto de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelamiento, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión

Sistema de referencia: Conjunto referencial de valores que sirven para ubicación.

URL: Uniform Resource Locators

WebCGM: Web Computer Graphics Metafile, estándar abierto para gráfico vectoriales 2D, gráficos raster definido por ISO/IEC 8632

WCS: Web Coverage Service, estándar definido por OGC para proporcionar una interfaz que permite realizar peticiones de cobertura geográfica a través de la web.

WFS: Web Feature Service, estándar definido por OGC que ofrece una interfaz de comunicación que permite interactuar con los mapas visualizados por WMS.

WMS: Web Map Service, estándar definido por OGC que permite la visualización de datos espaciales sobre internet